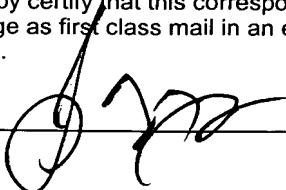




Docket No.: MUH-12680

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, Alexandria, VA 22313 20231.

By: 

Date: August 27, 2003

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Recai Sezi et al.
Appl. No. : 10/609,460
Filed : June 27, 2003
Title : Poly-O-Hydroxyamide, Polybenzoxazole, and Electronic Component Including a Dielectric Having a Barrier Effect Against Copper Diffusion, and Processes for Preparing Poly-O-Hydroxyamides....

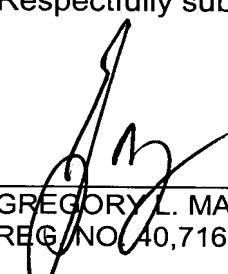
CLAIM FOR PRIORITY

Hon. Commissioner for Patents,
Alexandria, VA 22313-1450
Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 102 28 770.8 filed June 27, 2002.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,



GREGORY L. MAYBACK
REG. NO. 40,716

Date: August 27, 2003

Lerner and Greenberg, P.A.
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100
Fax: (954) 925-1101

/mjb

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 28 770.8
Anmeldetag: 27. Juni 2002
Anmelder/Inhaber: Infineon Technologies AG,
München/DE
Bezeichnung: Dielektrikum mit Sperrwirkung gegen Kupfer-
diffusion
IPC: C 08 G, C 08 L, H 01 L

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 03. Juli 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Burr".

Jerofsky

MÜLLER • HOFFMANN & PARTNER – PATENTANWÄLTE

European Patent Attorneys – European Trademark Attorneys

Innere Wiener Strasse 17
D-81667 München

Anwaltsakte:	12154	Ko/Rb/gr
Anmelderzeichen:	200205795 (2002 E 05769 DE)	27.06.2002

Infineon Technologies AG

St.-Martin-Straße 53
81669 München

Dielektrikum mit Sperrwirkung gegen Kupferdiffusion

Beschreibung

Dielektrikum mit Sperrwirkung gegen Kupferdiffusion

- 5 Die Erfahrung betrifft Poly-o-hydroxyamide, ein Verfahren zu deren Herstellung, Polybenzoxazole sowie ein Verfahren zu deren Herstellung, ein elektronisches Bauteil, welches die Polybenzoxazole als ein Dielektrikum enthält, sowie ein Verfahren zur Herstellung derartiger elektronischer Bauteile.

10

Um ein durch kapazitive Kopplung verursachtes Übersprechen von Signalen zu vermeiden, werden in Mikrochips benachbarte Leiterbahnen durch ein zwischen den Leiterbahnen angeordnetes Dielektrikum voneinander isoliert. Verbindungen, die als Dielektrikum eingesetzt werden sollen, müssen verschiedene Anforderungen erfüllen. So hängt die Signallaufzeit in Mikrochips sowohl vom Material der Leiterbahn ab, wie auch vom Dielektrikum, das zwischen den Leiterbahnen angeordnet ist. Je geringer die Dielektrizitätskonstante des Dielektrikums ist, um so geringer ist auch die Signallaufzeit. Die bisher verwendeten Dielektrika auf der Basis von Siliziumdioxid besitzen eine Dielektrizitätskonstante von ca. 4. Diese Materialien werden nach und nach durch organische Dielektrika ersetzt, die eine deutlich niedrigere Dielektrizitätskonstante aufweisen. Die Dielektrizitätskonstante dieser Materialien liegt meist unterhalb von 3.

25 In den gegenwärtig gebräuchlichen Mikrochips bestehen die Leiterbahnen bevorzugt aus Aluminium, AlCu oder AlCuSi. Mit zunehmender Integrationsdichte der Speicherchips geht man wegen seines im Vergleich zu Aluminium geringeren elektrischen Widerstandes auf Kupfer als Leiterbahnmaterial über. Kupfer erlaubt kürzere Signallaufzeiten und damit die Verringerung des Leiterbahnquerschnitts. Im Gegensatz zu den bisher gebräuchlichen Techniken, bei denen das Dielektrikum in den Gräben zwischen den Leiterbahnen eingefüllt wird, struktu-

riert man in der Kupfer-Damascene-Technik zuerst das Dielektrikum. Die dabei entstehenden Gräben werden zunächst mit Kupfer gefüllt und daraufhin überschüssiges Kupfer mechanisch abgeschliffen. Das Dielektrikum muss daher stabil gegenüber den zum Schleifen verwendeten Materialien sein und eine ausreichende Haftung auf dem Untergrund aufweisen, um während des mechanischen Schleifprozesses nicht abgelöst zu werden. Ferner müssen die Dielektrika auch eine ausreichende Stabilität in den folgenden Prozessschritten aufweisen, in welchen weitere Bauelemente der Mikrochips erzeugt werden. Dazu müssen diese beispielsweise eine ausreichende Temperaturstabilität aufweisen und dürfen auch bei Temperaturen von mehr als 400 °C keine Zersetzung erleiden. Ferner müssen die Dielektrika gegenüber Prozesschemikalien, wie Lösungsmitteln, Strippern, Basen, Säuren oder aggressiven Gasen, stabil sein. Weitere Anforderungen sind eine gute Löslichkeit und ausreichende Lagerstabilität der Vorstufen, aus welchen die Dielektrika erzeugt werden.

Um als Dielektrikum für Mikrochips geeignet zu sein, ist es sehr wichtig, dass das Metall der Leiterbahnen auch bei erhöhter Temperatur nicht in das Dielektrikum diffundiert. Während der Herstellung von Mikrochips werden Produktionsstufen durchlaufen, die eine Temperaturbelastung von bis zu 400 °C und darüber verursachen, wie zum Beispiel Oxidabscheidung, Kupfer-Annealing oder Wolframabscheidung aus der Gasphase. Um die Diffusion des Metalls in das Dielektrikum zu vermeiden, wird zwischen Dielektrikum und Metall eine Barriere vorgesehen. Derartige Barrieren bestehen beispielsweise aus Titan-nitrid, Siliziumnitrid, Siliziumcarbid oder Tantalnitrid. Die Barriere wirkt dabei weder als ein gutes Dielektrikum, noch als ein guter Leiter. Sie benötigt jedoch Platz, da eine gewisse Schichtdicke der Barriere erforderlich ist, um eine Diffusion des Metalls in das Dielektrikum wirksam zu unterdrücken. Mit zunehmender Integrationsdichte, das heißt abnehmender Breite der Leiterbahnen, nimmt der Anteil des Raumes,

der von der Barriere eingenommen wird, relativ zur Breite der Leiterbahn deutlich zu. Bei einer Leiterbahnbreite von 100 nm und weniger kann die Barriere gegebenenfalls bis zu 10 % der zur Verfügung stehenden Breite beanspruchen. Eine weitere Miniaturisierung der Halbleiterbauelemente wird daher erschwert. Für eine weitere Miniaturisierung der Mikrochips muss daher die Breite der Barriere weiter verringert werden bzw. sollte diese im besten Fall ganz entfallen.

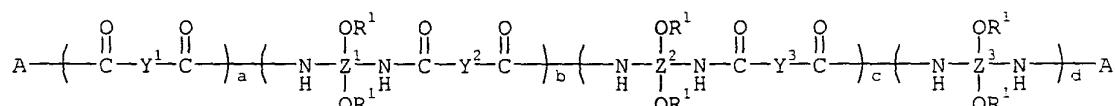
10 Polybenzoxazole (PBO) sind Polymere, die eine sehr hohe Wärmebeständigkeit aufweisen. Die Substanzen werden bereits zur Herstellung von Schutz- und Isolierschichten in Mikrochips verwendet. Polybenzoxazole können durch Zyklisierung aus Poly-o-hydroxyamiden hergestellt werden. Die Poly-o-hydroxyamide zeigen eine gute Löslichkeit in organischen Lösungsmitteln, sowie gute Filmbildungseigenschaften. Sie lassen sich mittels Schleudertechnik einfach auf elektronische Bauteile aufbringen. Bei einer Temperaturbehandlung, bei welcher das Poly-o-hydroxyamid zum Polybenzoxazol zyklisiert wird, erhält 20 man ein Polymer, das die gewünschten Eigenschaften aufweist. Polybenzoxazole lassen sich auch direkt in ihrer zyklisierten Form verarbeiten. In der Regel bestehen jedoch in diesem Fall Schwierigkeiten mit der Löslichkeit des Polymers. Bausteine für Poly-o-hydroxyamide werden beispielsweise in der DE 25 100 11 608 beschrieben.

Weitere hochtemperaturstabile Isolermaterialien sind beispielsweise aus der WO 97/10193, WO 91/09081 und WO 91/09087 sowie EP 23 662 und EP 264 678 bekannt. Bei diesen Materialien muss jedoch eine Barriere zwischen Leiterbahn und Dielektrikum vorgesehen werden, um eine Diffusion des Metalls in das Dielektrikum bei hohen Temperaturen zu vermeiden.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein hochtemperaturstabil 35 les Polymer für die Verwendung in Mikrochips zur Verfügung zu

stellen, das die Herstellung feinerer Leiterbahnen in Mikrochips ermöglicht.

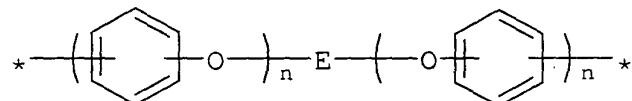
Die Aufgabe wird gelöst mit einem Poly-*o*-hydroxyamid der Formel I



FORMEL I

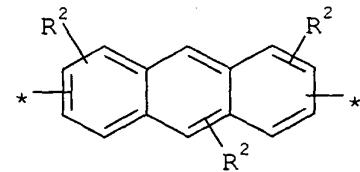
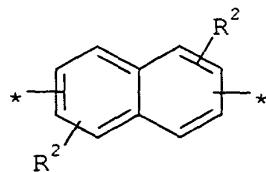
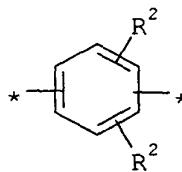
wobei bedeutet:

Y^2 :

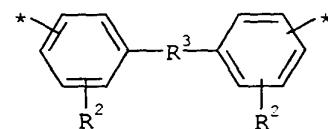
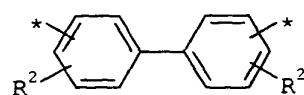
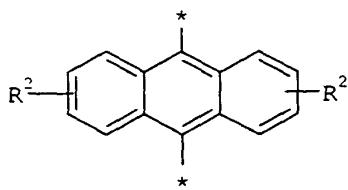


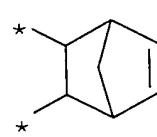
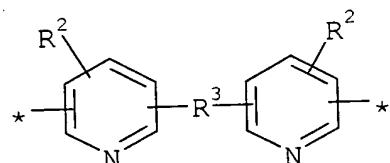
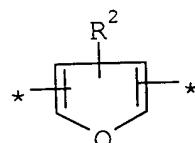
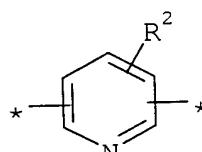
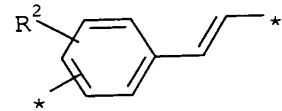
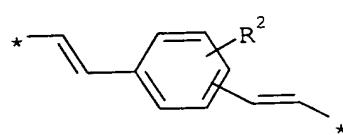
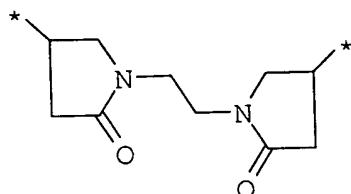
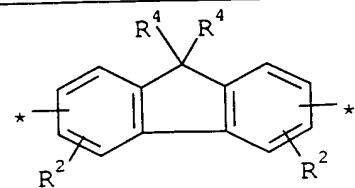
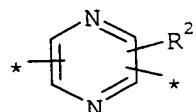
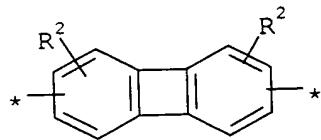
15

Y^1 , Y^3 : jeweils unabhängig, die gleiche Bedeutung wie Y^2 , sowie

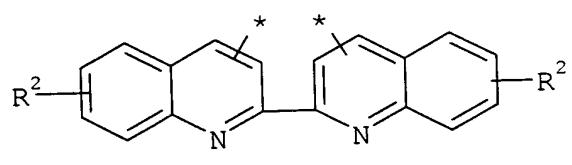
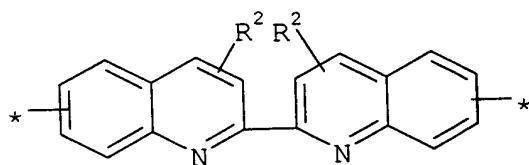
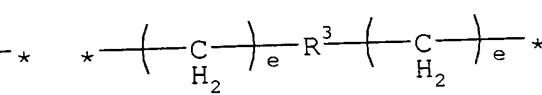
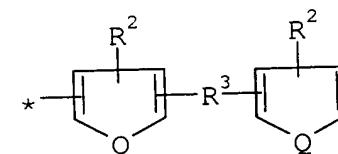
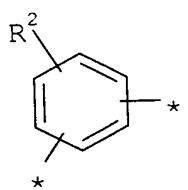


20



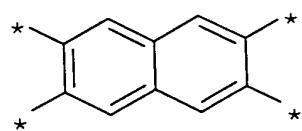
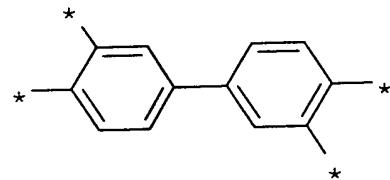
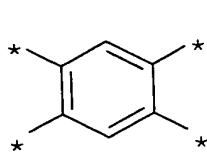


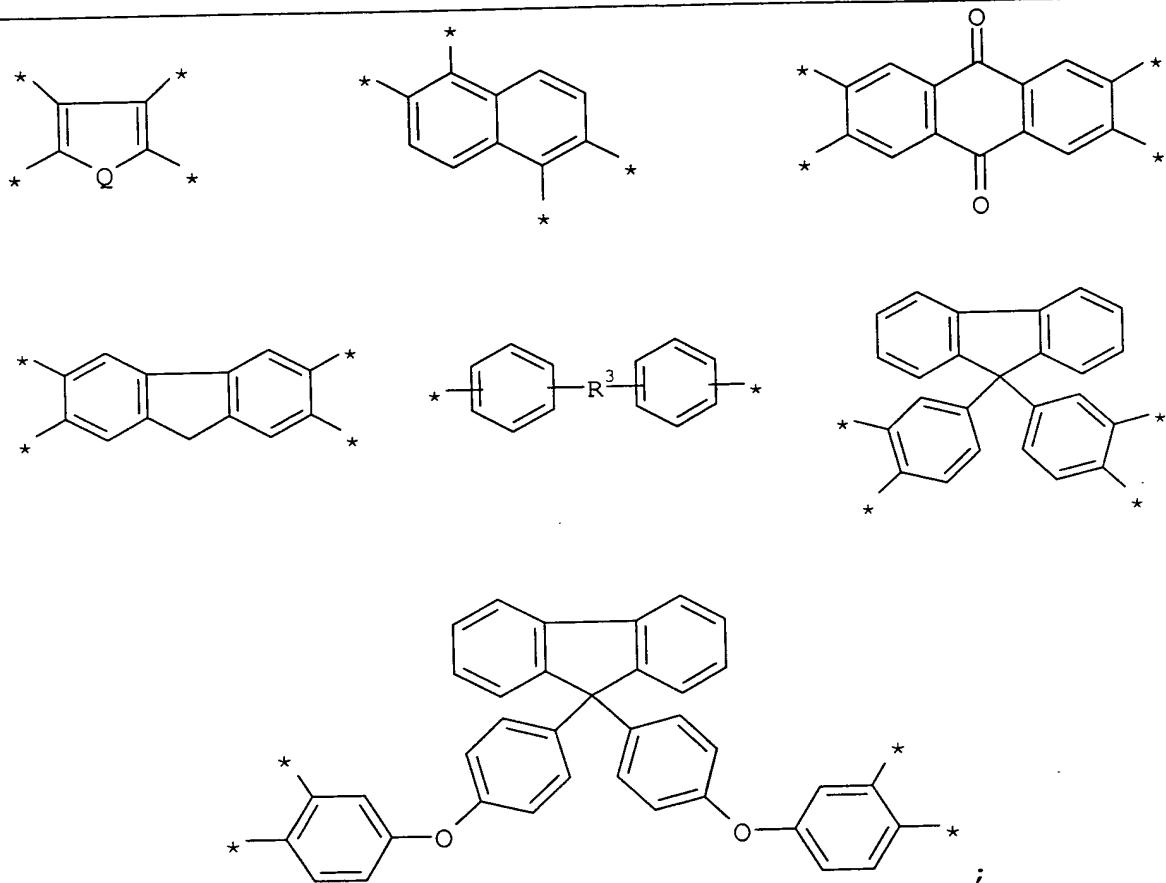
5



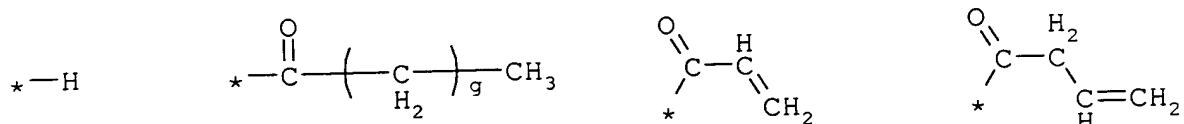
10

z^1, z^2, z^3 , jeweils unabhängig:

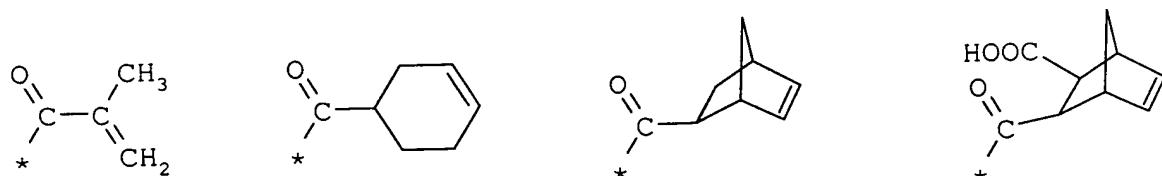


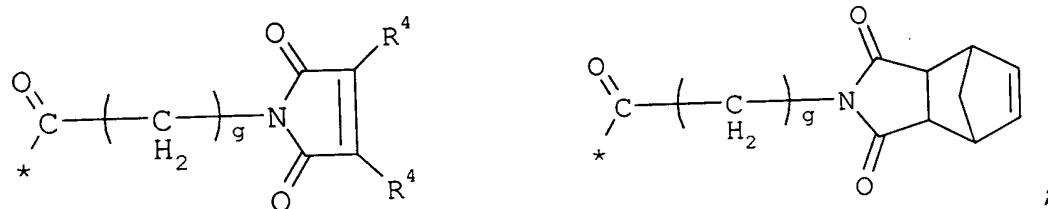
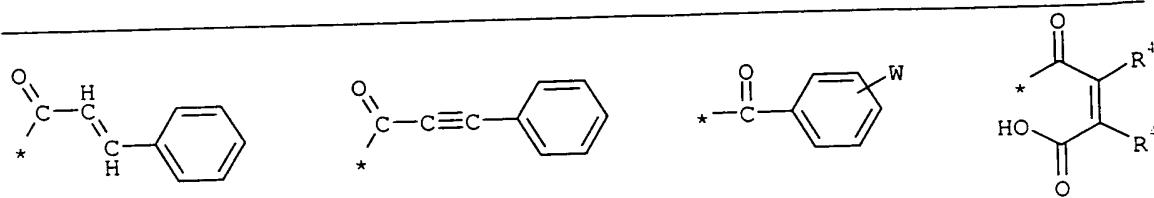


A: wenn $a = 0$ und/oder $d = 1$

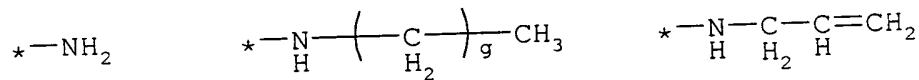
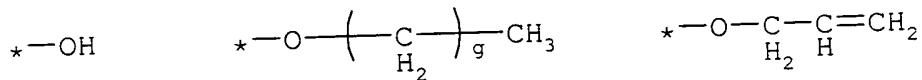


10

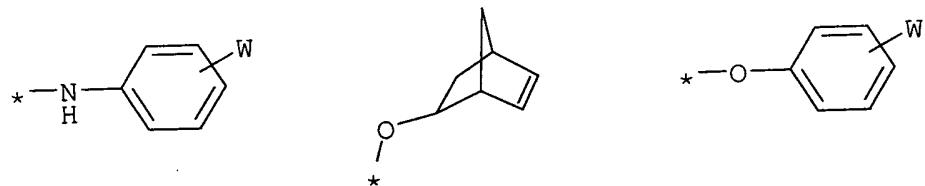




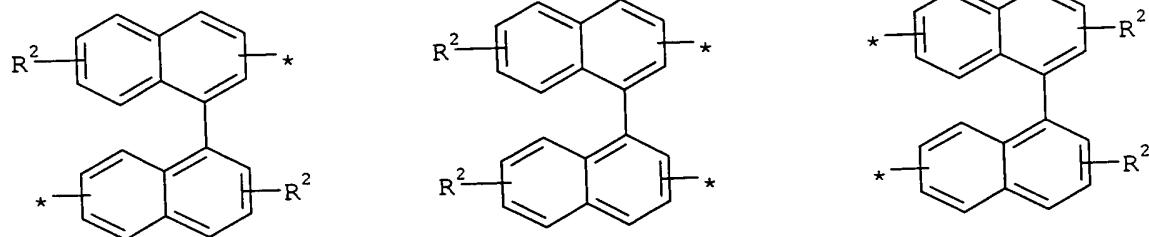
5 wenn $a = 1$ und/oder $d = 0$



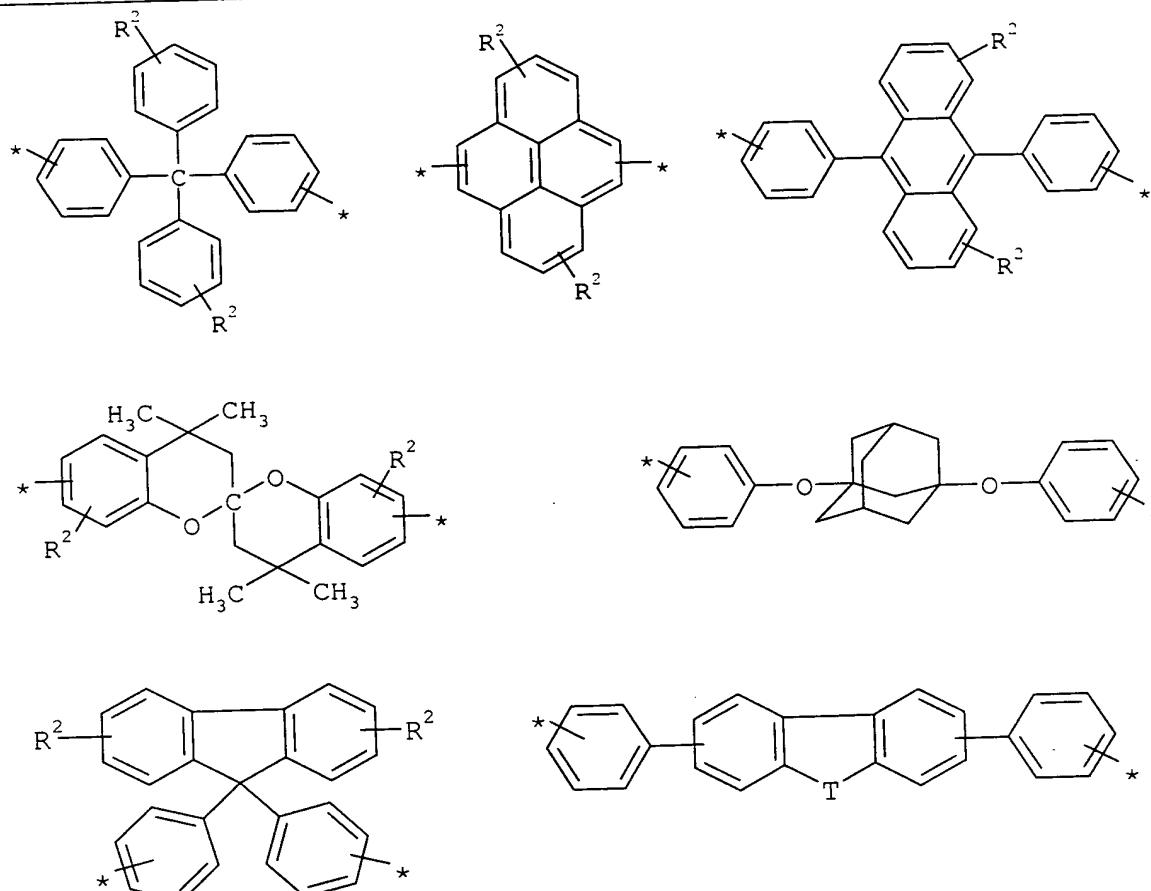
10



E:

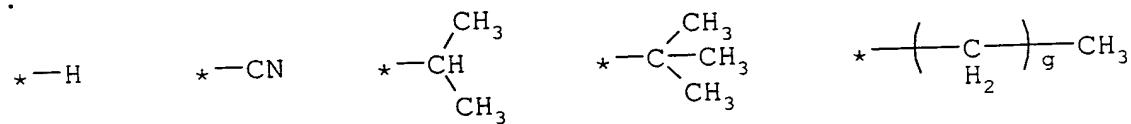


15

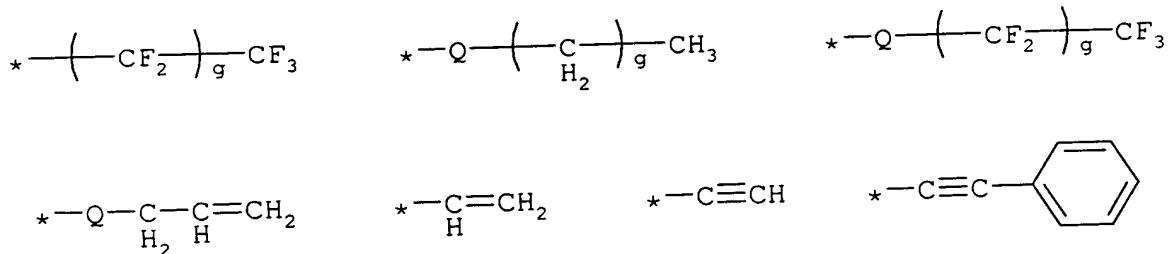


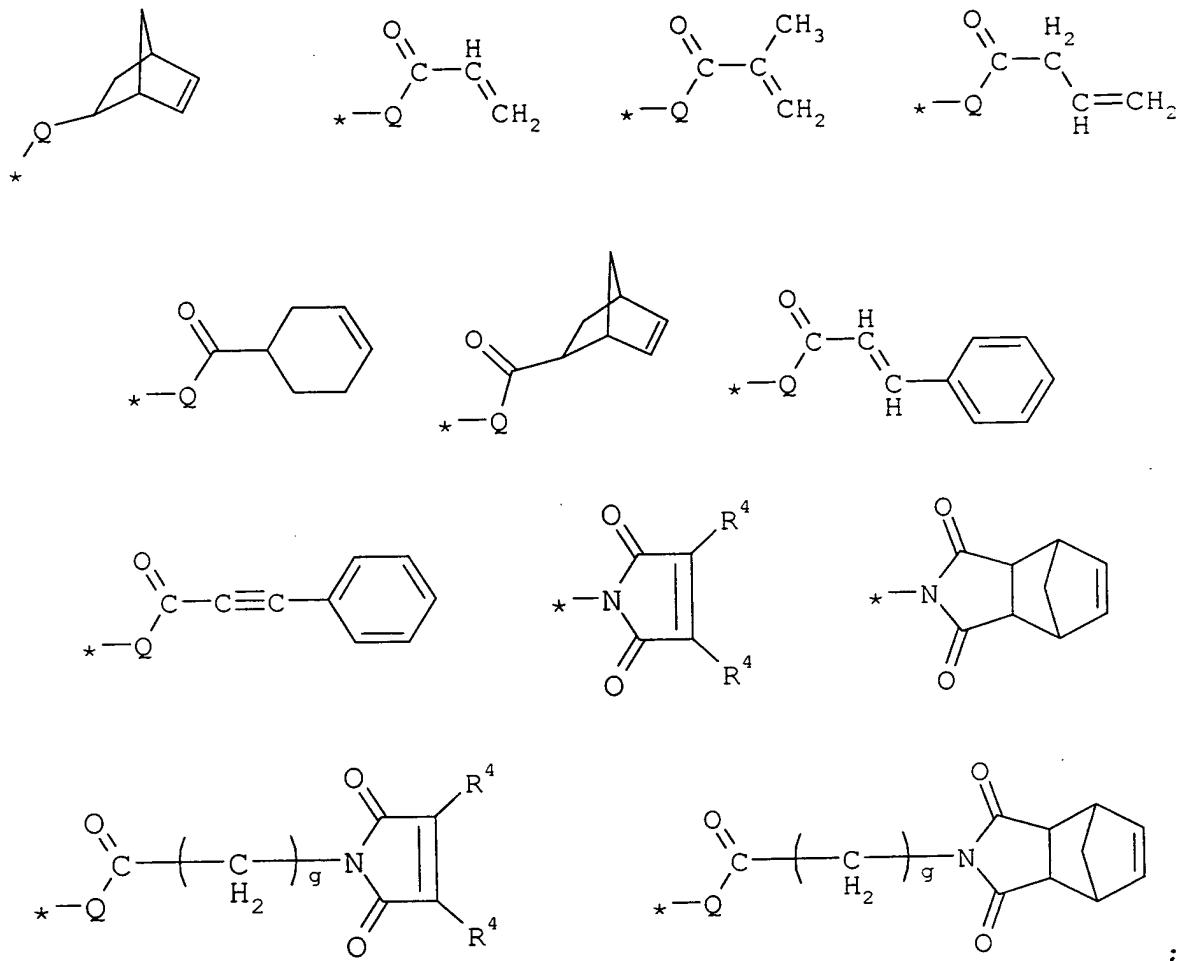
5

W:

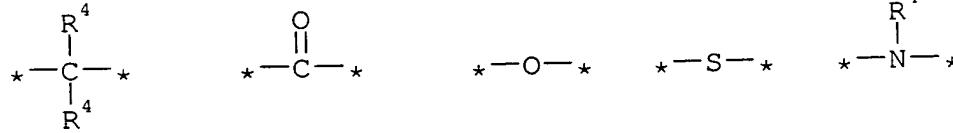


10

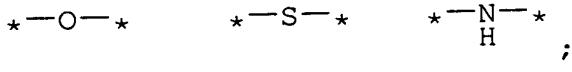




10 T:



Q:



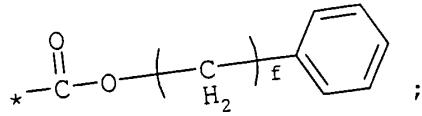
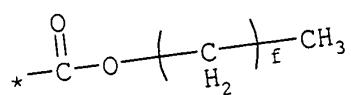
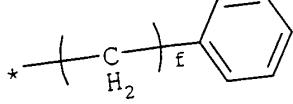
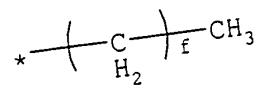
15

Infineon Technologies AG
Siemens AZ: 2002 05795
Erfolgsmeldung: 2002 E 05769 DE

12154

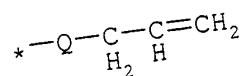
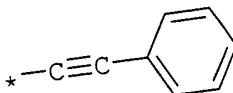
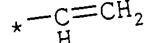
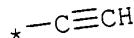
10

R¹:

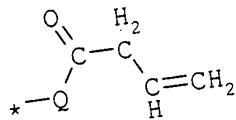
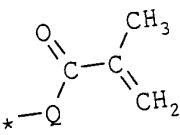
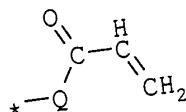
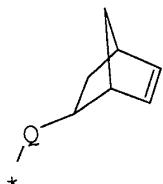


5

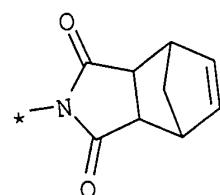
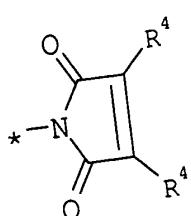
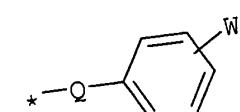
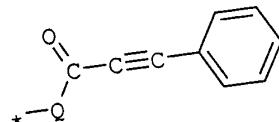
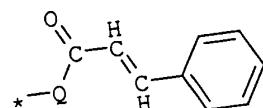
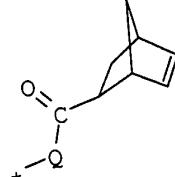
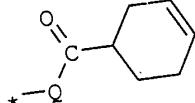
R²: —H, —CF₃, —OH, —SH, —COOH, —N(R⁵)₂, eine Alkylgruppe, ei-
ne Arylgruppe, eine Heteroarylgruppe, sowie

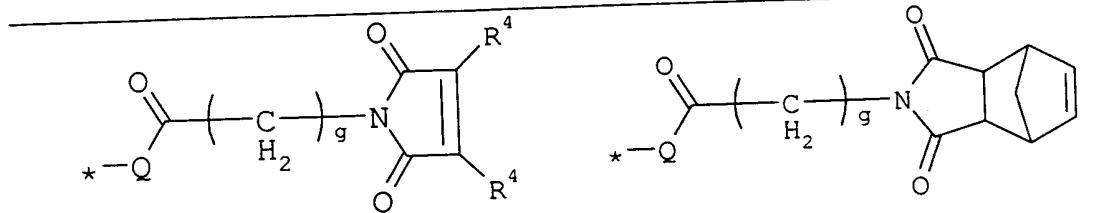


10

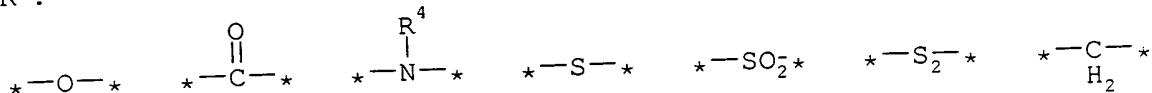


15

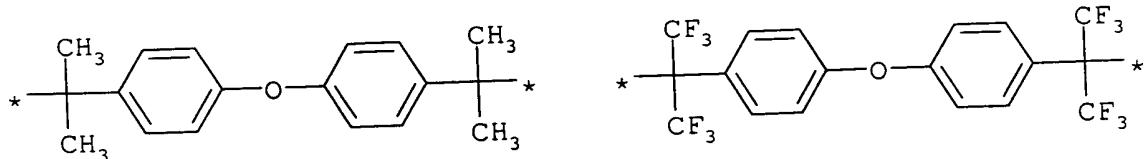
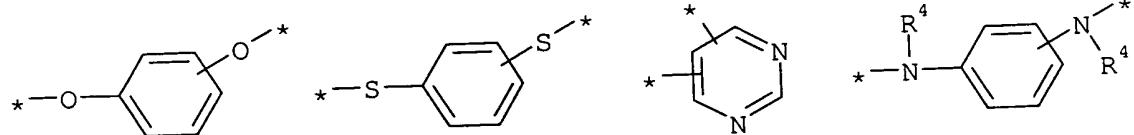
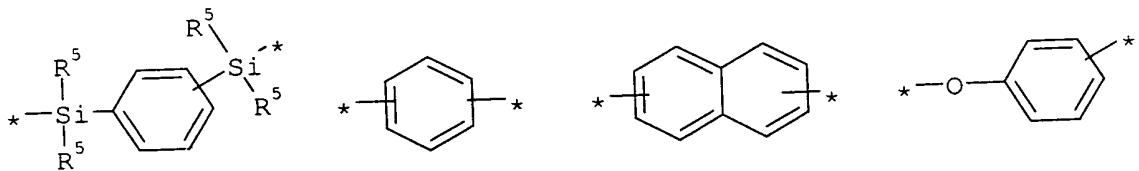
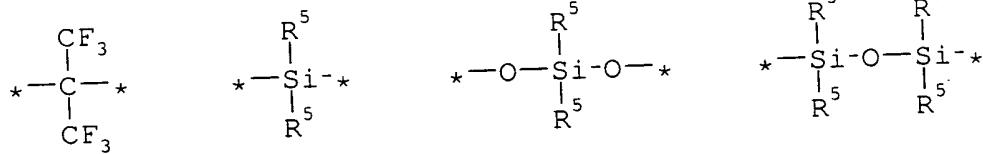
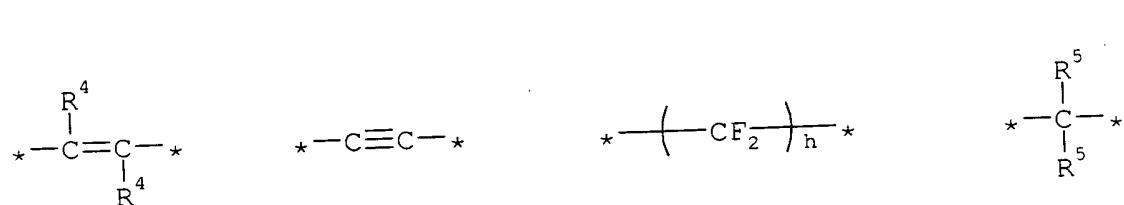


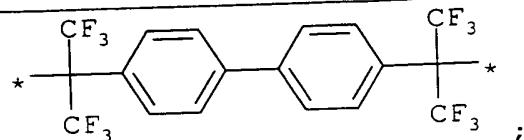
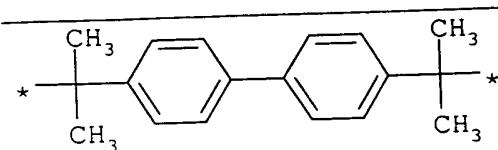


$R^3:$

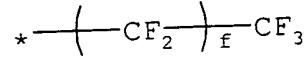
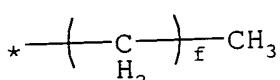


5

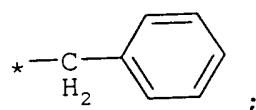
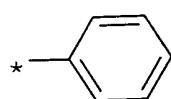




R⁴:



5



10 R⁵: einen Alkyl-, einen Aryl- oder einen Heteroarylrest;

15 a: 0 oder 1;
b: 1 - 200;

c: 0 - 200;

d: 0 oder 1;

e: 0 - 10;

f: 0 - 10;

20 g: 0 - 10;

h: 1 - 10;

n: 0 oder 1;

wobei wenn R³ = -CH₂- ist x = 0 - 10.

25 Die Poly-o-hydroxyamide der Formel I lösen sich in vielen organischen Lösungsmitteln, wie beispielsweise Aceton, Cyclohexanon, Diethylenglykolmono- bzw. Diethylether, N-Methylpyrrolidon, γ -Butyrolacton, Ethyllactat, Methoxypropylacetat, Tetrahydrofuran oder Essigsäureethylester. Sie lassen sich durch
30 Schleuder-, Sprüh- oder Tauchtechniken sehr gut in einem gleichmäßigen Film auf einem Substrat auftragen. Nach Ver-

Verdampfen des Lösungsmittels wird ein homogener Film erhalten, der eine gleichmäßige Schichtdicke aufweist, wobei auch in Gräben und Kontaktlöchern mit einem hohen Aspektverhältnis eine vollständige Füllung erreicht wird. Die Poly-o-hydroxyamide der Formel I lassen sich durch Erwärmen zu den entsprechenden Polybenzoxazole zyklisieren, wobei keine Blasen- oder Rissbildung beobachtet wird. Auch bei hohen Prozesstemperaturen von 400 °C oder darüber wird keine oder zumindest nur eine sehr geringe Diffusion von Metall aus den Leiterbahnen in angrenzende Bereiche des Dielektrikums beobachtet. Die üblicherweise zwischen Leiterbahn und Dielektrikum angeordnete Barriere kann daher entweder sehr dünn ausgeführt werden bzw. sogar gänzlich entfallen.

Die in der Formel I durch die Indizes b und c gekennzeichneten Wiederholungseinheiten können, sofern $c > 0$ ist, statistisch im Polymerstrang verteilt sein. Es ist aber auch möglich, das Poly-o-hydroxyamid der Formel I durch Blockcopolymerisation herzustellen, so dass Abschnitte des Polymers nur aus jeweils einer durch die Indizes b und c bezeichneten Wiederholungseinheiten aufgebaut ist. Die Kettenlänge der Poly-o-hydroxyamide der Formel I kann durch die stöchiometrischen Verhältnisse der Ausgangsmaterialien sowie die Reaktionsbedingungen gesteuert werden, beispielsweise die Reaktionstemperatur, Verdünnung oder Zugabegeschwindigkeit der einzelnen Komponenten. Es versteht sich jedoch, dass das Polymer eine Molekulgewichtsverteilung aufweist, also jeweils Gemische aus Polymeren mit unterschiedlichem Molekulgewicht und damit unterschiedlichen Werten für die Indizes a, b, c, d vorliegen können. Bei der Herstellung der Poly-o-hydroxyamide der Formel I wird die Reaktion bevorzugt so geführt, dass eine enge Molekulgewichtsverteilung erreicht wird. Das Maximum der Molekulgewichtsverteilung wird dabei so eingestellt, dass es innerhalb der durch die Indizes a bis d gekennzeichneten Bereiche liegt. Innerhalb der Molekulgewichtsverteilung liegen vorzugsweise zumindest 90 % der Polymere innerhalb der durch

die Indizes a bis d angegebenen Grenzen. Das Molekulgewicht der Poly-o-hydroxyamide der Formel I lässt sich durch übliche Methoden ermitteln, beispielsweise Gelpermeationschromatografie.

5

Das Substitutionsmuster der Gruppen Z^1 , Z^2 und Z^3 wird so gewählt, dass jeweils ein aus einer -NH-Gruppe und einer OR^1 -Gruppe gebildetes Paar in ortho-Stellung zueinander angeordnet sind. Dies ist erforderlich, um bei der Zyklisierung der Poly-o-hydroxyamide der Formel I eine Zyklisierung zu einem Oxazolring zu ermöglichen. Die Poly-o-hydroxyamide der Formel I können endständig eine Gruppe A tragen, die nach der Polymerisation über eine entsprechende aktivierte Verbindung endständig in das Polymer eingeführt wird. Geeignete Verbindungen sind beispielsweise Säurechloride, Alkylhalogenide oder Alkohole. Die zur Einführung der endständigen Gruppe A benötigte Vorstufe wird entsprechend zur Gruppe ausgewählt, die das Polymer nach der Polymerisation endständig trägt. Ist der Index a = 0 bzw. der Index d = 1, ist die endständige Gruppe A an eine NH-Gruppe gebunden. Als aktivierte Vorstufe eignet sich dann beispielsweise ein Säurechlorid. Ist der Index a = 1 bzw. der Index d = 0, ist die endständige Gruppe A an eine CO-Gruppe gebunden. Geeignete Reagenzien zur Einführung der endständigen Gruppe A sind dann beispielsweise Halogenide, Alkohole oder Amine.

25

Ist die Gruppe R^2 eine Alkylgruppe, so umfasst diese vorzugsweise 1 bis 10 Kohlenstoffatome. Die Alkylgruppe kann dabei linear oder verzweigt sein. Geeignete Gruppen sind beispielsweise eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe oder eine Isopropylgruppe. Ist R^2 eine Arylgruppe, so umfasst diese bevorzugt 6 bis 20 Kohlenstoffatome, wobei das aromatische System auch durch Alkylgruppen substituiert sein kann. Beispiele für geeignete Gruppen sind die Phenylgruppe, die Methylphenylgruppe oder die Naphthylgruppe. Ist R^2 eine Heteroarylgruppe, so umfasst diese vorzugsweise 4 bis 20 Kohlen-

stoffatome, sowie 1 bis 4 Heteroatome. Als Heteroatome sind beispielsweise Stickstoff, Sauerstoff oder Schwefel geeignet.

Ist R^5 eine Alkylgruppe, so kann diese linear oder verzweigt 5 sein und umfasst vorzugsweise 1 bis 10 Kohlenstoffatome. Ist R^5 eine Arylgruppe, so umfasst diese bevorzugt 6 bis 20 Kohlenstoffatome, wobei das aromatische System bevorzugt durch 10 6-gliedrige Ringe gebildet wird. Ist R^5 eine Heteroarylgruppe, so umfasst diese bevorzugt 4 bis 10 Kohlenstoffatome und 1 bis 4 Heteroatome. Als Heteroatome eignen sich auch hier Stickstoff, Sauerstoff oder Schwefel.

Die Filmqualität des mit dem Poly-o-hydroxyamid der Formel I 15 wird unter anderem durch die Kettenlänge des Polymers beeinflusst. Besonders bevorzugt ist das Poly-o-hydroxyamid der Formel I so aufgebaut, dass der Index b Werte zwischen 5 und 50 annimmt und der Index c Werte zwischen 0 und 50. In einer besonderen Ausführungsform nimmt der Index c Werte im Bereich von 1 bis 50 an. In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst 20 das Poly-o-hydroxyamid der Formel I Etherbrücken. In diesem Fall nimmt der Index n im Strukturelement Y^2 den Wert 2 an.

Die aus dem Poly-o-hydroxyamid der Formel I erzeugten Polybenzoxazole weisen eine Dielektrizitätskonstante von weniger 25 als 3 auf. Soll die Dielektrizitätskonstante noch weiter erniedrigt werden, so werden im Polybenzoxazol Poren vorgesehen. Dazu kann das Poly-o-hydroxyamid der Formel I weitere Wiederholungseinheiten umfassen, die thermisch labil sind und beim Erhitzen unter Zersetzung ein Gas freisetzen. Das Gas 30 kann aus dem Polybenzoxazol herausdiffundieren, so dass ein Hohlraum im Polybenzoxazol ausgebildet wird.

Die thermisch labile Wiederholungseinheit wird bevorzugt als Block im Poly-o-hydroxyamid der Formel I vorgesehen. Dies 35 kann beispielsweise erreicht werden, indem zunächst Oligomere aus den thermisch labilen Wiederholungseinheiten hergestellt

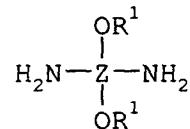
werden und diese dann mit dem Poly- α -hydroxyamid der Formel I umgesetzt werden. Es ist aber auch möglich, zunächst ein Poly- α -hydroxyamid der Formel I durch Polymerisation herzustellen, und auf dieses dann die thermisch labilen Wiederholungseinheiten 5 in einer weiteren Polymerisationsreaktion aufzupropfen. Die Zersetzungstemperatur der thermisch labilen Wiederholungseinheiten sollte dabei so gewählt werden, dass sie unterhalb der Glastemperatur des Poly- α -hydroxyamids der Formel I liegt. Geeignete Wiederholungseinheiten, um die das 10 Poly- α -hydroxyamid der Formel I ergänzt werden kann, um ein thermisch labiles Copolymer zu erhalten, leiten sich beispielsweise von Polypropylenoxid, Polymethylmethacrylat sowie aliphatischen Polycarbonaten, wie zum Beispiel Polypropylen-carbonat und Polyethylencarbonat ab. Zusätzlich zu den genannten 15 thermisch labilen Wiederholungseinheiten können auch andere Wiederholungseinheiten eingesetzt werden, sofern sie beim Erhitzen ein gasförmiges Produkt abspalten. Der Anteil der thermisch labilen Wiederholungseinheiten im Copolymer wird vorzugsweise zwischen 5 und 60 Gew.-% des Copolymers gewählt. Derartige Copolymer sind beispielsweise in der US 20 5,776,990 beschrieben.

Eine Porenbildung kann auch erreicht werden, indem dem Poly- α -hydroxyamid der Formel I ein geeignetes Porogen zugegeben wird, das sich beim Erhitzen zersetzt, wobei gasförmige Produkte freigesetzt werden. Geeignete Porogene sind z.B. Zitronensäure, Äpfelsäure oder Malonsäure.

Wie bereits erwähnt, weisen die aus den Poly- α -hydroxyamiden 30 der Formel I durch Zykлизierung erhaltenen Polybenzoxazole vorteilhafte Eigenschaften auf. Die Haftung des aus dem Poly- α -hydroxyamid der Formel I hergestellten Polybenzoxazols auf für die Mikrochip-Technologie relevanten Oberflächen, wie Silizium, Siliziumcarbid, Siliziumcarbonitrid, Siliziumnitrid, 35 Siliziumoxid, Titan, Tantal, Titannitrid, Tantalnitrid oder Siliziumoxinitrid ist sehr gut. Ferner weisen die Polybenzo-

xazole eine hohe Beständigkeit gegenüber Chemikalien auf, wie sie bei der Herstellung von Mikrochips verwendet werden, wie Lösungsmitteln, Strippern, Basen, Säuren oder aggressiven Gasen. Die Polymermaterialien eignen sich daher sehr gut für 5 mikroelektronische Anwendungen. Außerdem eignen sich die Materialien auch hervorragend für die Kupfer-Damascene-Technik. Während des Schleifprozesses von Kupfer treten keine nachteiligen Effekte, wie Ablösungen, Riss- oder Blasenbildung auf. Die erfundungsgemäßen Polybenzoxazole hemmen überraschenderweise die Diffusion im Dielektrikum. Neben der elektrischen Isolierfunktion können sie deswegen auch als Diffusionssperre für Kupfer verwendet werden. Damit kann auf eine Barriere zwischen Dielektrikum und Leiterbahn verzichtet werden, bzw. kann diese deutlich dünner ausgeführt werden. Durch 10 den geringeren Platzbedarf ermöglicht dies eine Erhöhung der Integrationsdichte. Sofern auf die Barriere gänzlich verzichtet werden kann, ergibt sich durch die Verwendung der erfundungsgemäßen Polybenzoxazole ferner eine Erniedrigung der 15 Herstellungskosten der Mikrochips, da der Schritt für die 20 Herstellung der Barriere entfällt.

Die Poly-o-hydroxyamide der Formel I werden aus Bis-o-aminophenolen und Dicarbonsäuren bzw. ihren Derivaten hergestellt. Gegenstand der Erfindung ist daher auch ein Verfahren 25 zur Herstellung von Poly-o-hydroxyamiden der Formel I, wobei zumindest ein Monomer der Formel II

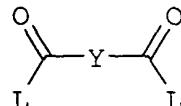


30

Formel II

wobei Z steht für Z^1 , Z^2 oder Z^3 , und Z^1 , Z^2 , Z^3 sowie R^1 die oben angegebene Bedeutung aufweisen,

mit zumindest einer Dicarbonsäure oder einem aktivierten Dicarbonsäurederivat der Formel III umgesetzt wird,



5

Formel III

wobei L für eine Hydroxygruppe oder eine aktivierende Gruppe steht und Y für Y¹, Y² oder Y³ steht, und Y¹, Y², Y³ die oben angegebene Bedeutung aufweisen.

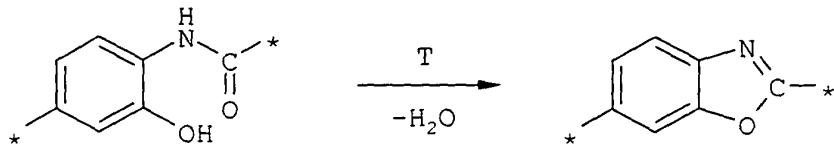
Als aktivierende Gruppe für die Dicarbonsäurederivate der Formel III können zum Beispiel Säurechloride oder aktivierte Ester, zum Beispiel Sulfonsäureester verwendet werden. Die Umsetzung der Monomere der Formel II und der Dicarbonsäuren der Formel III kann jedoch auch in Gegenwart einer die Dicarbonsäure aktivierenden Verbindung erfolgen, wie zum Beispiel Carbonyldiimidazol oder Dicyclohexylcarbodiimid. Im Prinzip eignen sich alle Reagenzien, die das bei der Reaktion entstandene Wasser an sich binden. Für die Herstellung der Poly-o-hydroxyamide der Formel I werden die Monomeren der Formel II und die Dicarbonsäuren bzw. gegebenenfalls die Dicarbonsäurederivate der Formel III in einem organischen Lösungsmittel bei -20 bis 150 °C innerhalb von 5 bis 20 Stunden zur Reaktion gebracht. Bei Bedarf können Endgruppen des Polymers mit einem geeigneten Reagenz blockiert werden, um so die endständigen Gruppen A einzuführen. Geeignete Reagenzien sind bereits bei der Erläuterung der Verbindung der Formel I beschrieben worden. Das nach der Reaktion entstandene Poly-o-hydroxyamid der Formel I wird durch Zutropfen der Reaktionslösung in ein Fällungsmittel gefällt, gewaschen und getrocknet. Geeignete Fällungsmittel sind Wasser, sowie Alkohole, wie Isopropanol, Butanol oder Ethanol. Es können auch Mischungen dieser Fällmittel verwendet werden. Geeignet kann

das Fällungsmittel auch von 0,1 % bis zu 10 % Ammoniak enthalten. Das ausgefallene Polymer kann nach Filtration und Trocknung unmittelbar weiterverarbeitet werden und zum Beispiel für den Auftrag auf ein Halbleitersubstrat in einem der 5 weiter oben genannten Lösungsmittel gelöst werden.

Die Polymerisation zum Poly-o-hydroxyamid der Formel I kann in Gegenwart einer Base durchgeführt werden, um frei werdende Säure abzufangen. Geeignete basische Säurefänger sind beispielsweise Pyridin, Triethylamin, Diazabicyclooctan oder Polyvinylpyridin. Es können aber auch andere basische Säurefänger verwendet werden. Insbesondere bevorzugt werden Verbindungen, die im für die Synthese verwendeten Lösungsmittel, wie zum Beispiel N-Methylpyrrolidon, und im Fällungsmittel, 10 zum Beispiel Wasser- oder Wasser-Alkohol-Mischungen, gut löslich sind, oder solche, die im Lösungsmittel vollkommen unlöslich sind, wie zum Beispiel vernetztes Polyvinylpyridin. 15 Die Säurefänger lassen sich dann bei der Aufarbeitung des Reaktionsproduktes leicht vom entstandenen Poly-o-hydroxyamid 20 der Formel I abtrennen.

Besonders geeignete Lösungsmittel für die Polymersynthese sind γ -Butyrolacton, Tetrahydrofuran, N-Methylpyrrolidon und Dimethylacetamid. An sich kann jedoch jedes Lösungsmittel 25 verwendet werden, in dem die Ausgangskomponenten gut löslich sind.

Gegenstand der Erfindung ist ferner ein Verfahren zur Herstellung der beschriebenen Polybenzoxazole, wobei Poly-o-hydroxyamide der Formel I erhitzt werden. Beim Erhitzen erfolgt unter Abspaltung eines kleinen moleküls, im Allgemeinen Wasser, die Ausbildung eines Oxazolrings, wobei die erfundungsgemäßen Polybenzoxazole erhalten werden. Der bei der 30 Zyklisierung von Poly-o-hydroxyamiden der Formel I zu Polybenzoxazolen ablaufende Mechanismus ist im Folgenden schematisch dargestellt:



5 Beim Erhitzen zyklisiert das o-Hydroxyamid zum Oxazol, wobei Wasser freigesetzt wird.

Das mit dem erfahrungsgemäßen Verfahren hergestellte Polybenzoxazol besitzt eine niedrige Dielektrizitätskonstante von 10 $k \leq 3,0$ und es haftet sehr gut an den für die Chiptechnologie relevanten Oberflächen, wie Silizium, Siliziumcarbid, Siliziumcarbonitrid, Siliziumnitrid, Siliziumoxid, Titan, Tantal, Titannitrid, Tantalnitrid oder Siliziumoxynitrid.

15 Gegenstand der Erfindung ist daher auch ein elektronisches Bauteil, welches das oben beschriebene Polybenzoxazol enthält. Das Polybenzoxazol kann zum Beispiel als Dielektrikum zwischen Leiterbahnen oder Leiterbahnen angeordnet sein oder auch als Pufferschicht zwischen Mikrochip und einem diesen umgebenden Gehäuse.

Die erfahrungsgemäßen Dielektrika eignen sich hervorragend für die Kupfer-Damascene-Technik. Während des Schleifprozesses treten keine nachteiligen Effekte, wie Ablösungen, Risse oder Blasenbildung auf.

25 Gegenstand der Erfindung ist daher auch ein Verfahren zur Herstellung eines elektronischen Bauteils, wobei zunächst eine Lösung des Poly-o-hydroxyamids der Formel I in einem Lösungsmittel hergestellt wird. Die Lösung wird auf ein Substrat aufgebracht und das Lösungsmittel verdampft, so dass ein Film erhalten wird. Der Film wird anschließend erhitzt, um das Poly-o-hydroxyamid zu zyklisieren und in das Polybenz-

oxazol der Formel III zu überführen. Der Film wird dann strukturiert, um eine Resiststruktur zu erhalten, welche Gräben und/oder Kontaktlöcher aufweist. Auf der Resiststruktur wird anschließend ein leitendes Material abgeschieden, beispielsweise Kupfer, so dass die Gräben und/oder Kontaktlöcher mit dem leitenden Material ausgefüllt sind. Abschließend wird überschüssiges leitendes Material entfernt, beispielsweise durch chemisch-mechanisches Planarisieren (CMP).

10 Zum Strukturieren des Polybenzoxazolfilms können beispielsweise lithografische Verfahren verwendet werden, wobei eine Ätzresistente Maske auf dem Film erzeugt wird. Die Struktur der Maske wird anschließend durch Ätzen in den Film aus dem erfundungsgemäßen Polybenzoxazol übertragen. Als leitendes Material wird vorzugsweise Kupfer verwendet. Zwischen Dielektrikum und leitendem Material kann eine Barriere vorgesehen werden. Als Material für die Barriere eignet sich beispielsweise die bereits weiter oben genannten Materialien. Der Mikrochip wird anschließend in üblicher Weise fertiggestellt.

15 20 25 30

Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines elektronischen Bauteils, wobei zunächst eine Lösung eines oben beschriebenen Poly-o-hydroxyamids der Formel I in einem Lösungsmittel hergestellt wird. Die Lösung wird anschließend auf ein Substrat aufgebracht, welches auf seiner Oberfläche bereits metallische Strukturen aufweist, zwischen denen Gräben angeordnet sind. Derartige Strukturen sind beispielsweise Leiterbahnen. Das Lösungsmittel wird verdampft, so dass die Gräben mit dem Poly-o-hydroxyamid der Formel I ausgefüllt sind. Zuletzt wird das Substrat erhitzt, um das Poly-o-hydroxyamid der Formel I zum Polybenzoxazol zu zyklisieren. Der Mikrochip wird anschließend in üblicher Weise fertiggestellt.

Die Haftung der Poly-o-hydroxyamide der Formel I auf in der Mikroelektronik relevanten Oberflächen, wie zum Beispiel Silizium, Siliziumoxid, Siliziumnitrid, Tantalnitrid, Glas oder Quarz kann durch die Zugabe von Haftvermittlern verbessert 5 werden.

Die Erfindung wird anhand von Beispielen und unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren näher erläutert. Dabei zeigt:

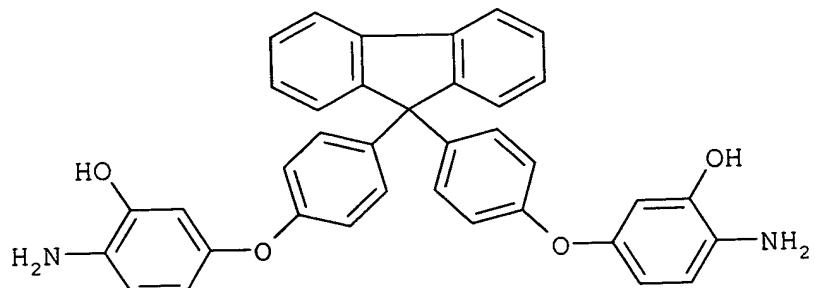
10 Fig. 1: eine schematische Darstellung des Versuchsaufbaus zur Bestimmung der Dielektrizitätskonstante;

15 Fig. 2 eine Schattenmaske, wie sie in den Beispielen 28 bis 33 zur Herstellung von Elektroden verwendet wird.

Verwendete Chemikalien:

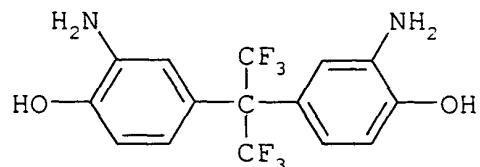
20 Bisaminophenole:

9,9'-Bis-(4-((3-hydroxy-4-amino)phenyloxy)phenyl)fluoren -
(Bisaminophenol 1)



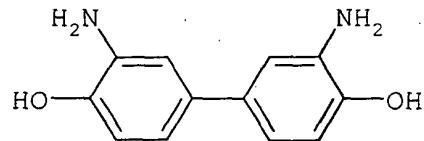
25

2,2-Bis-(3-amino-4-hydroxyphenyl)-hexafluoropropan - (Bisamino-nophenol 2)



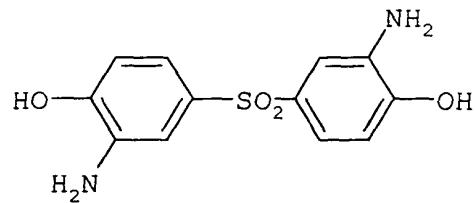
5

3,3'-Diamino-4,4'-dihydroxy-biphenyl - (Bisaminophenol 3)



10

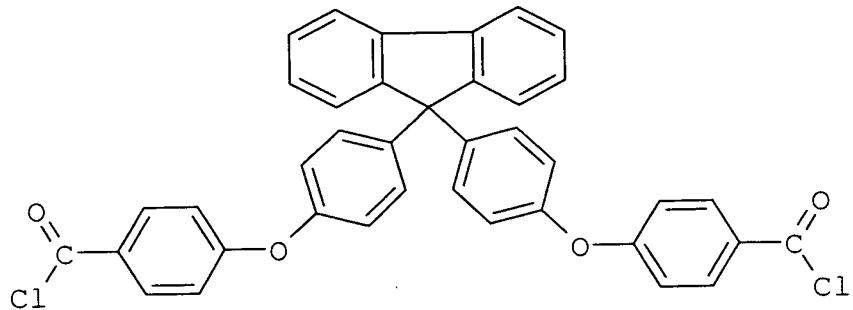
2,2-Bis-(3-amino-4-hydroxyphenyl)-sulfon - (Bisaminophenol 4)



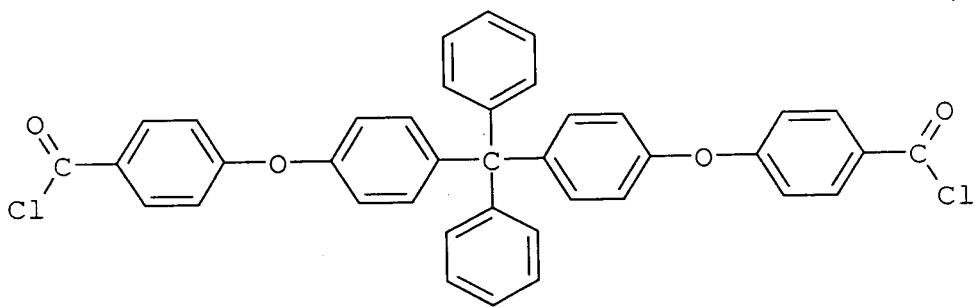
Dicarbonsäurechloride:

9,9'-Bis-(4-(4-chlorocarbonyl)-phenyloxy)-phenylfluoren - Di-
carbonsäurechlorid 1

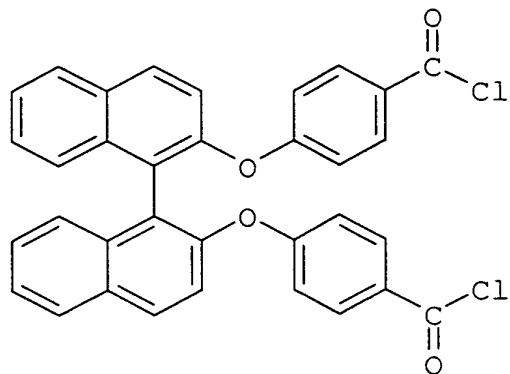
5



4,4'-Di-(4-(chlorocarbonyl)phenyloxy)-tetraphenylmethan - Di-
carbonsäurechlorid 2

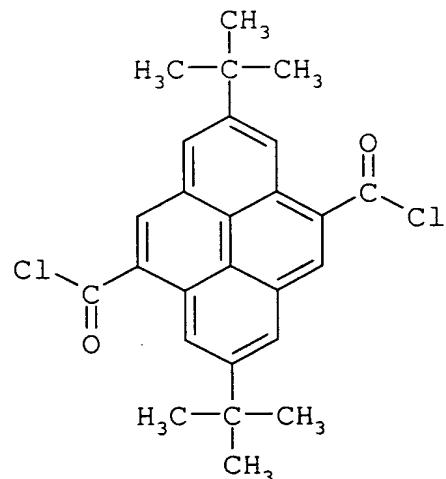


2,2'-Di-(4-(chlorocarbonyl)phenyloxy)-1,1'-binaphthyl - Di-
carbonsäurechlorid 3



5

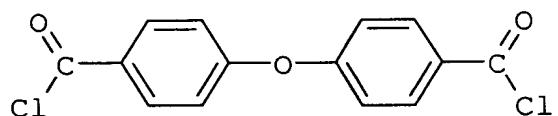
2,7-Di-tert-butyl-pyren-4,9-dicarbonsäurechlorid - (Dicarbon-
säurechlorid 4)



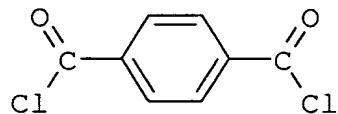
10

Diphenylether-4,4'-dicarbonsäurechlorid - (Dicarbonsäurechlo-
rid 5)

15

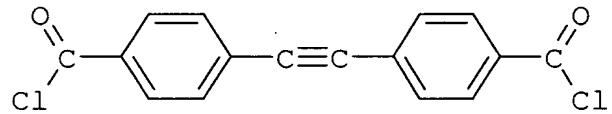


Terephthalsäuredichlorid - (Dicarbonsäurechlorid 6)



5

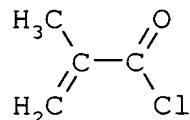
5-Phenylethinyl-isophthalsäurechlorid - (Dicarbonsäurechlorid 7)



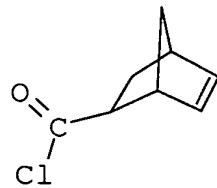
10

Endcap:

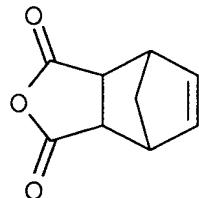
15 Methacrylsäurechlorid - (Endcap 1)



20 5-Norbornen-2-carbonsäurechlorid - (Endcap 2)

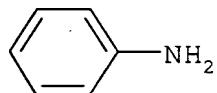


5-Norbornen-2,3-dicarbonsäureanhydrid - (Endcap 3)



5

Anilin - (Endcap 4)



10

Beispiel 1: Synthese von Polymer 1

56,42 g (0,1 mol) Bisaminophenol 1 werden in 400 ml dest. N-Methylpyrrolidon (NMP) gelöst. Zu dieser Lösung wird bei
15 10 °C unter Rühren eine Lösung von 59,48 g (0,095 mol) Dicarbonsäurechlorid 1 gelöst in 400 ml dest. NMP zugetropft. Es wird noch 1 Stunde bei 10 °C und anschließend 1 Stunde bei 20 °C gerührt. Nach erneutem Kühlen auf 10 °C wird zur Reaktionsmischung 1,64 g (0,01 mol) Endcap 3 gelöst in 50 ml
dest. γ-Butyrolacton (γ-BL) zugetropft, 1 Stunde bei 10 °C und anschließend 1 Stunde bei 20 °C gerührt. Nach Kühlen auf 10 °C wird die Reaktionsmischung mit 19,76 g (0,25 mol) Pyridin gelöst in 30 ml dest. γ-BL versetzt, auf Raumtemperatur erwärmt und 2 Stunden gerührt.

25

Zur Isolierung des Polymers wird die Reaktionsmischung filtriert und das Filtrat in ein Gemisch aus 1 l vollentsalztem (VE) Wasser und 200 ml Isopropanol unter Rühren eingetropft, wobei während des Eintropfens noch weitere 3 l VE Wasser zugegeben werden. Das ausgefällte Polymer wird abgesaugt und mit 2 l kaltem VE Wasser gewaschen. Nach dem Absaugen wird

das Polymer zweimal 1 Stunde bei Raumtemperatur in je 2,5 l einer 3 %-igen Ammoniaklösung gerührt und anschließend abgesaugt. Das Polymer wird mit VE Wasser neutral gewaschen, abfiltriert und 72 Stunden bei 50 °C / 10 mbar getrocknet.

5

Das auf diese Weise hergestellte Polymer ist in Lösungsmitteln wie NMP, γ -BL, Cyclohexanon, Cyclopentanon oder Gemische davon gut löslich.

10

Beispiel 2: Synthese von Polymer 2

53,6 g (0,095 mol) Bisaminophenol 1 werden in 400 ml dest. NMP gelöst. Zu dieser Lösung wird bei 10 °C unter Rühren eine Lösung von 62,8 g (0,1 mol) Dicarbonsäurechlorid 2 in 400 ml dest. γ -BL zugetropft. Es wird noch 1 Stunde bei 10 °C und anschließend 1 Stunde bei 20 °C gerührt. Nach erneutem Kühlen auf 10 °C wird zur Reaktionsmischung 0,93 g (0,01 mol) Endcap 4 gelöst in 10 ml dest. γ -BL zugetropft, 1 Stunde bei 10 °C und anschließend 1 Stunde bei 20 °C gerührt. Nach Kühlen auf 10 °C wird die Reaktionsmischung mit 19,76 g (0,25 mol) Pyridin gelöst in 80 ml dest. γ -BL versetzt, auf Raumtemperatur erwärmt und 2 Stunden gerührt.

25 Die Isolierung und Aufarbeitung des Polymers 2 erfolgte analog Beispiel 1.

Beispiel 3: Synthese von Polymer 3

30 18,3 g (0,05 mol) Bisaminophenol 2 werden in 200 ml dest. NMP gelöst. Zu dieser Lösung wird bei 10 °C unter Rühren eine Lösung von 16,86 g (0,03 mol) Dicarbonsäurechlorid 3 und 7,67 g (0,0175 mol) Dicarbonsäurechlorid 4 in 250 ml dest. γ -BL zugetropft. Es wird noch 1 Stunde bei 10 °C und anschließend 1 Stunde bei 20 °C gerührt. Nach erneutem Kühlen auf 10 °C wird

zur Reaktionsmischung 0,52 g (0,005 mol) Endcap 1 gelöst in 20 ml dest. γ -BL zugetropft, 1 Stunde bei 10 °C und anschließend 1 Stunde bei 20 °C gerührt. Nach Kühlen auf 10 °C wird die Reaktionsmischung mit 9,48 g (0,12 mol) Pyridin gelöst in 5 30 ml dest. γ -BL versetzt, auf Raumtemperatur erwärmt und 2 Stunden gerührt.

Die Isolierung und Aufarbeitung des Polymers 3 erfolgte analog Beispiel 1.

10

Beispiel 4: Synthese von Polymer 4

34,78 g (0,095 mol) Bisaminophenol 2 werden in 200 ml dest. 15 NMP gelöst. Zu dieser Lösung wird bei 10 °C unter Rühren eine Lösung von 31,3 g (0,05 mol) Dicarbonsäurechlorid 1 und 14,7 g (0,05 mol) Dicarbonsäurechlorid 5 in 200 ml dest. γ -BL zugetropft. Es wird noch 1 Stunde bei 10 °C und anschließend 1 Stunde bei 20 °C gerührt. Nach Kühlen auf 10 °C wird die 20 Reaktionsmischung mit 11,85 g (0,15 mol) Pyridin gelöst in 50 ml dest. γ -BL versetzt, auf Raumtemperatur erwärmt und 2 Stunden gerührt.

25 Die Isolierung und Aufarbeitung des Polymers 4 erfolgte analog Beispiel 1.

Beispiel 5: Synthese von Polymer 5

30 10,8 g (0,05 mol) Bisaminophenol 3 werden in 200 ml dest. NMP gelöst. Zu dieser Lösung wird bei 10 °C unter Rühren eine Lösung von 12,04 g (0,0275 mol) Dicarbonsäurechlorid 4 in 100 ml dest. γ -BL zugetropft. Es wird noch 1 Stunde bei 10 °C und anschließend 1 Stunde bei 20 °C gerührt. Es wird auf 35 10 °C abgekühlt und 4,04 g (0,02 mol) Dicarbonsäurechlorid 6 gelöst in 80 ml dest. γ -BL zugetropft. Es wird noch 1 Stunde

bei 10 °C und anschließend 1 Stunde bei 20 °C gerührt. Nach erneutem Kühlen auf 10 °C wird zur Reaktionsmischung 0,78 g (0,005 mol) Endcap 2 gelöst in 20 ml dest. γ-BL zugetropft, 1 Stunde bei 10 °C und anschließend 1 Stunde bei 20 °C gerührt.

5 Nach Kühlen auf 10 °C wird die Reaktionsmischung mit 11,85 g (0,15 mol) Pyridin gelöst in 50 ml dest. γ-BL versetzt, auf Raumtemperatur erwärmt und 2 Stunden gerührt.

10 Die Isolierung und Aufarbeitung des Polymers 5 erfolgte analog Beispiel 1.

Beispiel 6: Synthese des Polymers 6

15 26,6 g (0,095 mol) Bisaminophenol 4 werden in 300 ml dest. NMP gelöst. Zu dieser Lösung wird bei 10 °C unter Rühren eine Lösung von 33,72 g (0,06 mol) Dicarbonsäurechlorid 3 in 150 ml dest. NMP zugetropft. Es wird noch 1 Stunde bei 10 °C und anschließend 1 Stunde bei 20 °C gerührt. Es wird auf 20 °C abgekühlt und 12,08 g (0,04 mol) Dicarbonsäurechlorid 7 gelöst in 100 ml dest. γ-BL zugetropft. Es wird noch 1 Stunde bei 10 °C und anschließend 1 Stunde bei 20 °C gerührt. Nach erneutem Kühlen auf 10 °C wird zur Reaktionsmischung 0,93 g (0,01 mol) Endcap 4 gelöst in 10 ml dest. γ-BL zugetropft, 1 Stunde bei 10 °C und anschließend 1 Stunde bei 20 °C gerührt. Nach Kühlen auf 10 °C wird die Reaktionsmischung mit 19,76 g (0,25 mol) Pyridin gelöst in 80 ml dest. γ-BL versetzt, auf Raumtemperatur erwärmt und 2 Stunden gerührt.

30 Die Isolierung und Aufarbeitung des Polymers 6 erfolgte analog Beispiel 1.

Beispiel 7: Synthese des Polymers 7

18,3 g (0,05 mol) Bisaminophenol 2 und 14,0 g (0,05 mol) Bisaminophenol 4 werden in 300 ml dest. NMP gelöst. Zu dieser Lösung wird bei 10 °C unter Rühren eine Lösung von 59,48 g (0,095 mol) Dicarbonsäurechlorid 1 in 300 ml dest. γ-BL zuge-
5 tropft. Es wird noch 1 Stunde bei 10 °C und anschließend 1 Stunde bei 20 °C gerührt. Nach erneutem Kühlen auf 10 °C wird zur Reaktionsmischung 1,64 g (0,01 mol) Endcap 3 gelöst in 20 ml dest. γ-BL zugetropft, 1 Stunde bei 10 °C und anschlie-
10 ßend 1 Stunde bei 20 °C gerührt. Nach Kühlen auf 10 °C wird die Reaktionsmischung mit 19,76 g (0,25 mol) Pyridin gelöst in 50 ml dest. γ-BL versetzt, auf Raumtemperatur erwärmt und 2 Stunden gerührt.

15 Die Isolierung und Aufarbeitung des Polymers 7 erfolgte ana-
log Beispiel 1.

Beispiel 8: Synthese des Polymers 8

20 21,96 g (0,06 mol) Bisaminophenol 2 und 8,64 g (0,04 mol) Bi-
saminophenol 3 werden in 300 ml dest. NMP gelöst. Zu dieser Lösung wird bei 10 °C unter Rühren eine Lösung von 28,1 g (0,05 mol) Dicarbonsäurechlorid 3 und 13,23 g (0,045 mol) Di-
25 carbonsäurechlorid 5 gelöst in 350 ml dest. γ-BL zugetropft. Es wird noch 1 Stunde bei 10 °C und anschließend 1 Stunde bei 20 °C gerührt. Nach erneutem Kühlen auf 10 °C wird zur Reak-
tionsmischung 1,56 g (0,01 mol) Endcap 2 gelöst in 50 ml dest. γ-BL zugetropft, 1 Stunde bei 10 °C und anschließend 1 Stunde bei 20 °C gerührt. Nach Kühlen auf 10 °C wird die Re-
30 aktionsmischung mit 19,76 g (0,25 mol) Pyridin gelöst in 50 ml dest. γ-BL versetzt, auf Raumtemperatur erwärmt und 2 Stunden gerührt.

35 Die Isolierung und Aufarbeitung des Polymers 8 erfolgte ana-
log Beispiel 1.

Beispiel 9: Synthese des Polymers 9

39,49 g (0,07 mol) Bisaminophenol 1 und 8,4 g (0,03 mol) Bis-
5 aminophenol 4 werden in 300 ml dest. NMP gelöst. Zu dieser
Lösung wird bei 10 °C unter Rühren eine Lösung von 37,56 g
(0,06 mol) Dicarbonsäurechlorid 1 und 21,98 g (0,035 mol) Di-
10 carbonsäurechlorid 2 in 350 ml dest. γ-BL zugetropft. Es wird
noch 1 Stunde bei 10 °C und anschließend 1 Stunde bei 20 °C
gerührt. Nach erneutem Kühlen auf 10 °C wird zur Reaktionsmi-
schung 1,56 g (0,01 mol) Endcap 2 gelöst in 15 ml dest. γ-BL
zugetropft, 1 Stunde bei 10 °C und anschließend 1 Stunde bei
20 °C gerührt. Nach Kühlen auf 10 °C wird die Reaktionsmi-
schung mit 19,76 g (0,25 mol) Pyridin gelöst in 80 ml dest.
15 γ-BL versetzt, auf Raumtemperatur erwärmt und 2 Stunden ge-
rührt.

Die Isolierung und Aufarbeitung des Polymers 9 erfolgte ana-
log Beispiel 1.

20

Beispiel 10: Synthese des Polymers 10

12,96 g (0,06 mol) Bisaminophenol 3 werden in 150 ml dest.
25 NMP gelöst. Zu dieser Lösung wird bei 10 °C unter Rühren eine
Lösung von 34,43 g (0,055 mol) Dicarbonsäurechlorid 1 in
200 ml dest. γ-BL zugetropft. Es wird noch 1 Stunde bei 10 °C
und anschließend 1 Stunde bei 20 °C gerührt. Es wird auf
10 °C abgekühlt und 11,2 g (0,04 mol) Bisaminophenol 4 gelöst
30 in 100 ml dest. NMP zugetropft. Es wird noch 1 Stunde bei
10 °C und anschließend 1 Stunde bei 20 °C gerührt. Es wird
wieder auf 10 °C abgekühlt und 11,76 g (0,04 mol) Dicarbon-
säurechlorid 5 gelöst in 150 ml dest. γ-BL zugetropft. Es
wird noch 1 Stunde bei 10 °C und anschließend 1 Stunde bei
35 20 °C gerührt. Nach erneutem Kühlen auf 10 °C wird zur Reak-
tionsmischung 1,04 g (0,01 mol) Endcap 1 gelöst in 20 ml

dest. γ -BL zugetropft, 1 Stunde bei 10 °C und anschließend 1 Stunde bei 20 °C gerührt. Nach Kühlen auf 10 °C wird die Reaktionsmischung mit 19,76 g (0,25 mol) Pyridin gelöst in 50 ml dest. γ -BL versetzt, auf Raumtemperatur erwärmt und 2 5 Stunden gerührt.

Die Isolierung und Aufarbeitung des Polymers 10 erfolgte analog Beispiel 1.

10

Beispiel 11: Bestimmung der Thermostabilitäten

Alle dargestellten Polymere zeigen thermische Stabilitäten von > 490 °C nach TGA-Untersuchungen (Gerät: STA 1500 der 15 Firma Rheometric Scientific, Aufheizrate: 5K/min, Schutzgas: Argon). Der isotherme Masseverlust pro Stunde' (bei 425 °C) beträgt < 0,6%.

Damit erfüllen die dargestellten Polymere die Anforderungen 20 für die eingangs angegebenen Applikationen.

Beispiel 12: Herstellung von Polymerlösungen

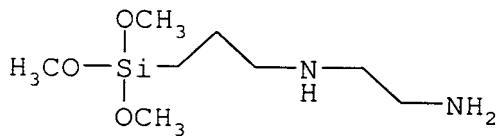
25 25 g der in den Beispielen 1 bis 10 dargestellten Polymere werden in 75 g dest. NMP (VLSI-Selectipur®) oder dest. γ -BL (VLSI-Selectipur®) gelöst. Der Lösevorgang erfolgt zweckmäßig auf einer Rüttelapparatur bei Raumtemperatur. Anschließend wird die Lösung durch einen 0.2 μ m Filter in ein gereinigtes, 30 partikelfreies Probenglas druckfiltriert. Die Viskosität der Polymerlösung kann durch Variation der gelösten Masse an Polymer verändert werden.

Beispiel 13: Verbesserung der Haftung durch Haftvermittlerlösungen

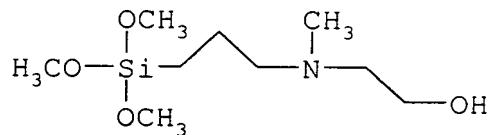
Durch Verwendung von Haftvermittlern kann die Haftung der Polymere auf in der Mikroelektronik relevanten Oberflächen wie z. B. Silizium, Siliziumoxid, Siliziumnitrid, Tantalnitrid, Glas oder Quarz verbessert werden.

Als Haftvermittler können z. B. folgende Verbindungen verwendet werden:

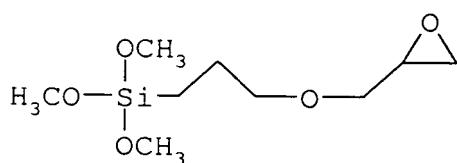
HV1



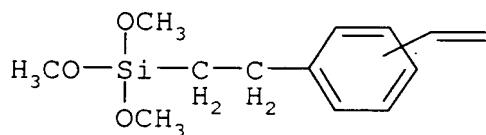
HV2



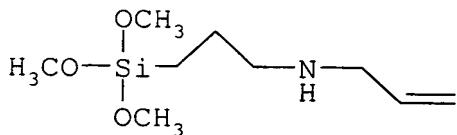
HV3



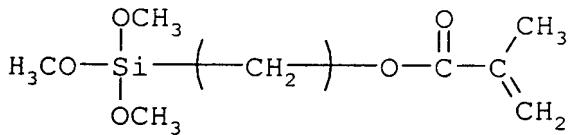
HV4



HV5



HV6



0,5 g Haftvermittler (z.B. N-(2-Aminoethyl)-3-aminopropyl-methyldimethoxysilan) werden in ein gereinigtes, partikel-freies Probenglas bei Raumtemperatur in 95g Methanol, Ethanol oder Isopropanol (VLSI-Selectipur®) und 5g VE Wasser gelöst. Nach 24 h Stehen bei Raumtemperatur ist die Haftvermittler-lösung einsatzbereit. Diese Lösung ist maximal 3 Wochen verwendbar.

20

Der Haftvermittler soll eine monomolekulare Schicht auf der Oberfläche der zu klebenden Teile ergeben. Der Haftvermittler kann zweckmäßigerweise durch Schleudertechnik aufgetragen

werden. Dazu wird die Haftvermittlerlösung über ein 0,2 µm Vorfilter auf die zu klebende Fläche aufgetragen und 30 s bei 5000 U/min geschleudert. Anschließend erfolgt ein Trocknungsschritt 60 s bei 100 °C.

5

Beispiel 14: Auftragen eines Polymers durch Schleuderverfahren und Zyklisierung zum Polybenzoxazol

10 Ein prozessierter Siliziumwafer, der Stege und Gräben bis zu einer Minimaldimension von jeweils ca. 150 nm hat, wird, wie im Beispiel 10 beschrieben, mit dem Haftvermittler beschichtet. Danach wird die filtrierte Lösung des Polymers, das entsprechend Beispiel 1 synthetisiert wurde, mittels einer
15 Spritze auf den Wafer aufgetragen und mit einer Schleuder gleichmäßig verteilt. Die Schleuderumdrehungszahl beträgt dabei 2000 u/min. Anschließend wird das Polymer auf einer Heizplatte für 1 min. bei 120 °C und für 2 min. auf 200 °C erhitzt. Danach wird der beschichtete Wafer in einem Ofen unter
20 Stickstoff oder Argon für 60 min. auf 425 °C erhitzt. Das so erhaltene Polybenzoxazol ist inert gegen Säuren, Basen und organische Lösemittel.

25 Beispiel 15: Bestimmung der Haftung der Polymere auf einer Titannitrid-Schicht

Ein 4" Siliziumwafer wird mit einer 50 nm dicken Titannitridschicht besputtert. Auf diesen Wafer wird die oben genannte
30 Lösung aufgeschleudert, 5 s bei 500 U/min und 25 s bei 2000 U/min. Nach einem kurzen Softbake von 1 min. bei 120 °C auf einer Heizplatte werden 10 Siliziumchips der Größe 4x4 mm², die ebenfalls auf der Oberfläche mit 50 nm Titannitrid besputtert wurden, auf den Polymer-Film mit einer Kraft
35 von 2N angedrückt. Anschließend wird dieser Stapel 1h bei 425 °C in einem Ofen in einer Stickstoffatmosphäre getempert.

Nach Abkühlung auf Raumtemperatur wird ein Haftungstest mittels eines Scherstesters, Dage Serie 400, durchgeführt. Der Mittelwert der Kraft für Polymer 1, der zum Abscheren der Chips benötigt wurde, liegt bei $18,07 \text{ N/mm}^2$.

5

Beispiel 16: Bestimmung der Haftung der Polymere auf einer Tantalnitrid-Schicht

10 Versuch genauso durchgeführt wie bei Beispiel 15, mit dem Unterschied, dass hier die Oberfläche des Wafers und der Chips nicht aus Titannitrid sondern aus Tantalnitrid bestand. Der Mittelwert der Kraft für Polymer 1, der zum Abscheren der Chips benötigt wurde, liegt bei $16,79 \text{ N/mm}^2$.

15

Beispiel 17: Bestimmung der Haftung der Polymere auf Silizium

20 Versuch genauso durchgeführt wie bei Beispiel 15, mit dem Unterschied, dass hier die Oberfläche des Wafers und der Chips nicht aus Titannitrid sondern aus Silizium bestand. Der Mittelwert der Kraft für Polymer 1, der zum Abscheren der Si-Chips benötigt wurde, liegt bei $18,85 \text{ N/mm}^2$.

25

Beispiel 18: Bestimmung der Haftung der Polymere auf einer Siliziumnitrid-Schicht

30 Versuch genauso durchgeführt wie bei Beispiel 15, mit dem Unterschied, dass hier die Oberfläche des Wafers und der Chips nicht aus Titannitrid sondern aus Siliziumnitrid bestand. Der Mittelwert der Kraft für Polymer 1, der zum Abscheren der Chips benötigt wurde, liegt bei $17,15 \text{ N/mm}^2$.

35

Beispiel 19: Bestimmung der Haftung der Polymere auf einer Siliziumoxid-Schicht

Versuch genauso durchgeführt wie bei Beispiel 15, mit dem Unterschied, dass hier die Oberfläche des Wafers und der Chips nicht aus Titannitrid sondern aus Siliziumoxid bestand. Der Mittelwert der Kraft für Polymer 1, der zum Abscheren der Chips benötigt wurde, liegt bei $17,83 \text{ N/mm}^2$.

10

Beispiel 20: Bestimmung der Haftung der Polymere auf einer Siliziumcarbid-Schicht

Versuch genauso durchgeführt wie bei Beispiel 15, mit dem Unterschied, dass hier die Oberfläche des Wafers und der Chips nicht aus Titannitrid sondern aus Siliziumcarbid bestand. Der Mittelwert der Kraft für Polymer 1, der zum Abscheren der Chips benötigt wurde, liegt bei $17,94 \text{ N/mm}^2$.

20

Beispiel 21: Bestimmung der Haftung der Polymere auf einer Tantal-Schicht

Versuch genauso durchgeführt wie bei Beispiel 15, mit dem Unterschied, dass hier die Oberfläche des Wafers und der Chips nicht aus Titannitrid sondern aus Tantal bestand. Der Mittelwert der Kraft für Polymer 1, der zum Abscheren der Chips benötigt wurde, liegt bei $16,97 \text{ N/mm}^2$.

30

Beispiel 22: Bestimmung der Haftung der Polymere auf einer Titan-Schicht

Versuch genauso durchgeführt wie bei Beispiel 15, mit dem Unterschied, dass hier die Oberfläche des Wafers und der Chips nicht aus Titannitrid sondern aus Titan bestand. Der Mittel-

wert der Kraft für Polymer 1, der zum Abscheren der Chips benötigt wurde, liegt bei $17,52 \text{ N/mm}^2$.

5 Beispiel 23: Bestimmung der Haftung der Polymere auf einer Polyimid-Schicht

10 Versuch genauso durchgeführt wie bei Beispiel 15, mit dem Unterschied, dass hier die Oberfläche des Wafers und der Chips nicht aus Titannitrid sondern aus Polyimid bestand. Der Mittelwert der Kraft für Polymer 1, der zum Abscheren der Chips benötigt wurde, liegt bei $17,61 \text{ N/mm}^2$.

15 Beispiel 24: Vergleichsbeispiel Haftung

Ein Polymer, das analog Bsp. 1 von US 5,077,378 hergestellt wurde, wird wie in Bsp. 12 beschrieben in NMP gelöst. Mit dieser Lösung werden die Beispiele 15 bis 23 wiederholt. Es 20 werden folgende Mittelwerte bestimmt:

Oberfläche Titannitrid:	$14,71 \text{ N/mm}^2$
Oberfläche Tantalnitrid:	$15,69 \text{ N/mm}^2$
Oberfläche Silizium:	$15,21 \text{ N/mm}^2$
Oberfläche Siliziumnitrid	$14,03 \text{ N/mm}^2$
Oberfläche Siliziumoxid	$14,94 \text{ N/mm}^2$
Oberfläche Siliziumcarbid	$13,37 \text{ N/mm}^2$
Oberfläche Tantal	$13,96 \text{ N/mm}^2$
Oberfläche Titan	$14,07 \text{ N/mm}^2$
30 Oberfläche Polyimid	$13,02 \text{ N/mm}^2$

Beispiel 25: Bestimmung der chemischen Stabilität gegen organische Lösungsmittel

Auf drei 4" Siliziumwafern wird das Polymer 1 aus 20%-iger Lösung (Lösungsmittel NMP) aufgeschleudert, 5 s bei 500 U/min und 25 s bei 2000 U/min. Nach einem kurzen Softbake von 1 min. bei 120 °C und 2 min. bei 200 °C auf einer Heizplatte 5 werden die Wafer 1 h bei 400 °C in einem Ofen in einer Stickstoffatmosphäre getempert. Nach Abkühlung auf Raumtemperatur wird je ein beschichteter Wafer 5 h in NMP, in Aceton und in Toluol auf 50 °C erhitzt. Anschließend werden die Wafer 10 60 min bei 200 °C im Vakuum getrocknet und die Massendifferenz bestimmt. Es werden keine Ablöseerscheinungen beobachtet.

Masseabnahme:	NMP	1,1 %
	Aceton	0,6 %
	Toluol	0,8 %

15

Beispiel 26: Bestimmung der chemischen Stabilität gegen Säuren

Auf drei 4" Siliziumwafern wird das Polymer 2 aus 20 %-iger Lösung (Lösungsmittel NMP) aufgeschleudert, 5 s bei 500 U/min und 25 s bei 2000 U/min. Nach einem kurzen Softbake von 1 min. bei 120 °C und 2 min. bei 200 °C auf einer Heizplatte 20 werden die Wafer 1 h bei 400 °C in einem Ofen in einer Stickstoffatmosphäre getempert. Nach Abkühlung auf Raumtemperatur wird je ein beschichteter Wafer 5 h in konz. HCl, in 50 %-ige 25 Schwefelsäure und in Essigsäure auf 40 °C erhitzt. Anschließend werden die Wafer 60 min bei 200 °C im Vakuum getrocknet und die Massendifferenz bestimmt. Es werden keine Ablöseerscheinungen beobachtet. 30

Masseabnahme:	konz. HCl	0,4 %
	50 %-ige H ₂ SO ₄	0,5 %
	Essigsäure	0,1 %

35

Beispiel 27: Bestimmung der chemischen Stabilität gegen Basen

Auf drei 4" Siliziumwafern wird das Polymer 3 aus 20 %-iger Lösung (Lösungsmittel NMP) aufgeschleudert, 5 s bei 500 U/min 5 und 25 s bei 2000 U/min. Nach einem kurzen Softbake von 1 min. bei 120 °C und 2 min. bei 200 °C auf einer Heizplatte werden die Wafer 1h bei 400 °C in einem Ofen in einer Stickstoffatmosphäre getempert. Nach Abkühlung auf Raumtemperatur wird je ein beschichteter Wafer 5 h in 50 %-iger NaOH, in 47 10 %-iger KOH und in konz. Ammoniak auf 40 °C erhitzt. Anschließend werden die Wafer 60 min bei 200 °C im Vakuum getrocknet und die Massendifferenz bestimmt. Es werden keine Ablösescheinungen beobachtet.

15 Masseabnahme: 50 %-ige NaOH 0,9%
47 %-ige KOH 1,0%
konz. Ammoniak 0,2%

20 Beispiel 28: Bestimmung der Dielektrizitätskonstante von Polymer 1

Der für die Bestimmung der Dielektrizitätskonstante verwendete Versuchsaufbau ist in Fig. 1 dargestellt. Das Polymer 1 wird in NMP gelöst (25 %-ige Lösung) und die Lösung über eine Membran mit 0,2 µm Poren druckfiltriert. Diese Lösung wird auf ein Substrat 1, auf dem sich bereits eine 600 nm dicke Ti-Schicht 2 befindet, aufgeschleudert. Die Schicht 3 wird bei 120 °C und 200 °C je 2 min. auf einer Heizplatte getrocknet 25 und anschließend bei 430 °C, eine Stunde in einer Stickstoffatmosphäre getempert. Auf diese Schicht 3 werden anschließend über eine in Fig. 2 dargestellte Schattenmaske Titan-Elektroden 4 gesputtert. Die in Fig. 2 dargestellte Schattenmaske umfasst dazu Öffnungen 5, die in ihren Abmesungen 30 und in ihrer Anordnung den Titan-Elektroden 4 entsprechen. Die Dielektrizitätskonstante wird mit dem Impe- 35

danzspektrometer 6 ermittelt und wird in einem Frequenzbereich von 100 Hz bis 1 MHz zu 2,41 bestimmt.

- 5 Beispiel 29: Bestimmung der Dielektrizitätskonstante von Polymer 2

Die Bestimmung der Dielektrizitätskonstante von Polymer 2 erfolgt analog Beispiel 28 und ergibt einen Wert von 2,55.

10

Beispiel 30: Bestimmung der Dielektrizitätskonstante von Polymer 3

- 15 Die Bestimmung der Dielektrizitätskonstante von Polymer 3 erfolgt analog Beispiel 28 und ergibt einen Wert von 2,38.

- 20 Beispiel 31: Bestimmung der Dielektrizitätskonstante von Polymer 4

Die Bestimmung der Dielektrizitätskonstante von Polymer 4 erfolgt analog Beispiel 28 und ergibt einen Wert von 2,6.

25

Beispiel 32: Bestimmung der Dielektrizitätskonstante von Polymer 8

- 30 Die Bestimmung der Dielektrizitätskonstante von Polymer 10 erfolgt analog Beispiel 28 und ergibt einen Wert von 2,41.

Beispiel 33: Vergleichsbeispiel Dielektrizitätskonstante

- 35 Ein nach Beispiel 28 durchgeföhrter Versuch mit einem Polymer, das analog Bsp. 1 von US 5,077,378 hergestellt wurde,

ergibt im Frequenzbereich von 100 Hz bis 1 MHz eine Dielektrizitätskonstante von 3,1.

5 Beispiel 34: Bestimmung der Wasseraufnahme

Auf ein 4" Siliziumwafer mit bekannter Masse wird das Polymer 1 aus 20 %-iger Lösung (Lösungsmittel NMP) aufgeschleudert, 5 s bei 500 U/min und 25 s bei 3500 U/min. Nach einem kurzen 10 Softbake von 1 min. bei 120 °C auf einer Heizplatte wird der Wafer 1h bei 400 °C in einem Ofen in einer Stickstoffatmosphäre getempert. Mittels einer Analysenwaage AT261 Delta Range wird die Masse an Polymer 1 ermittelt.

15 Anschließend wird der beschichtete Wafer 10 h bei 80 °C in Wasser gelagert. Nach dem Abblasen des Wassers erfolgt eine weitere Gewichtsbestimmung. Aus der Massendifferenz wird die prozentuale Wasseraufnahme bezogen auf die Masse an Polybenzoxazol berechnet.

20 Ermittelte Wasseraufnahme: 0,75 %

25 Beispiel 35

Für dieses Beispiel wird ein Siliziumwafer verwendet, der zuerst mit einer Ti-W-Haftschicht (100 nm) und dann mit Kupfer (500 nm) durch Sputtern beschichtet wurde.

30 Die entsprechend Beispiel 12 hergestellte und filtrierte Lösung des Polymers 1, das entsprechend Beispiel 1 synthetisiert wurde, wird mittels einer Spritze auf einen Wafer (Cu-Oberfläche) aufgetragen und mit einer Schleuder gleichmäßig verteilt. Anschließend wird das Polymer auf einer Heizplatte für 1 min. bei 120 °C und für 2 min. auf 200 °C erhitzt. Danach wird der beschichtete Wafer in einem Ofen unter Stickstoff oder Argon für 60 min. auf 425 °C erhitzt. Die Oberflä-

che des auf diese Weise erhaltenen Polybenzoxazol-Films zeigt sich bei mikroskopischer Untersuchung als glatt und sauber. Auf der Oberfläche sind keine Kupfer-Partikel oder Cluster zu erkennen.

5

Der Versuch wird mit den Polymeren 2 bis 10 wiederholt. Das Ergebnis bleibt gleich. Bei keinem Polymer ist eine Kupfer-diffusion festzustellen.

10

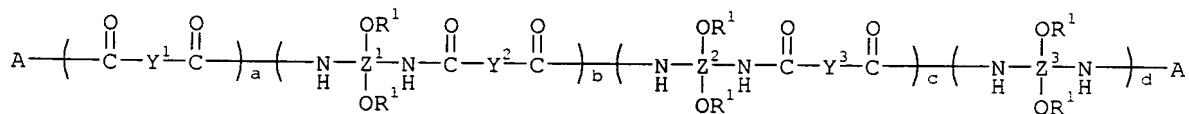
Beispiel 36 (Vergleichsbeispiel)

Der Versuch aus Beispiel 35 wird genauso wiederholt, mit dem Unterschied, dass diesmal ein Polymer aus EP 0264678 (Bei-
15 spiel 1) verwendet wird. Nach dem Temperiern sieht man auf der Oberfläche des entstandenen Polybenzoxazol-Films das durch-diffundierte Kupfer.

Patentansprüche

1. Poly-*o*-hydroxyamide der Formel I

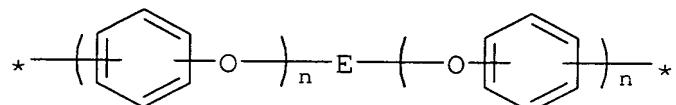
5



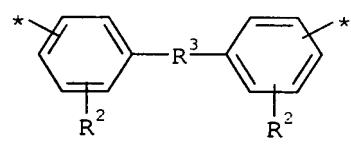
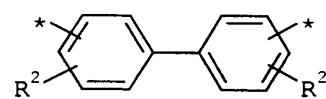
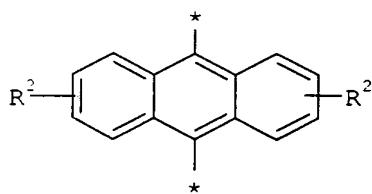
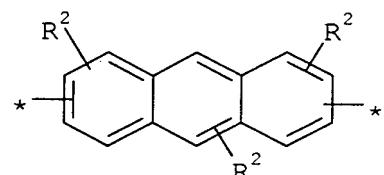
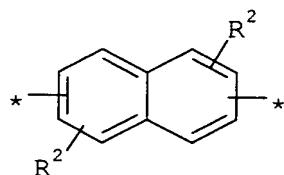
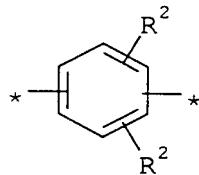
FORMEL I

wobei bedeutet:

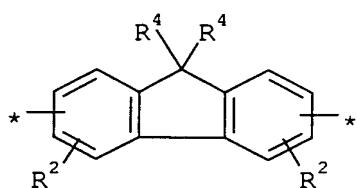
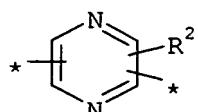
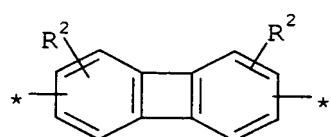
Y²:

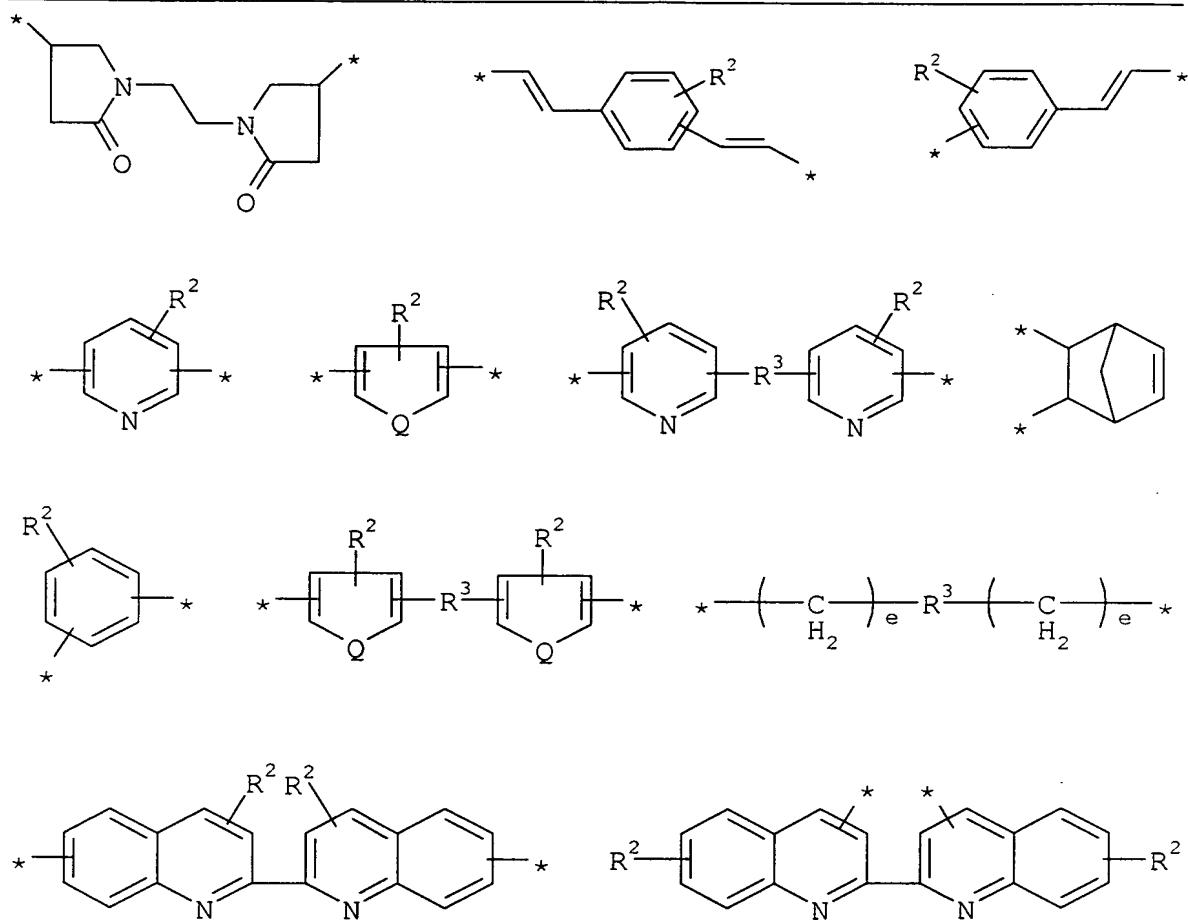


15 Y¹, Y³: jeweils unabhängig, die gleiche Bedeutung wie Y², sowie

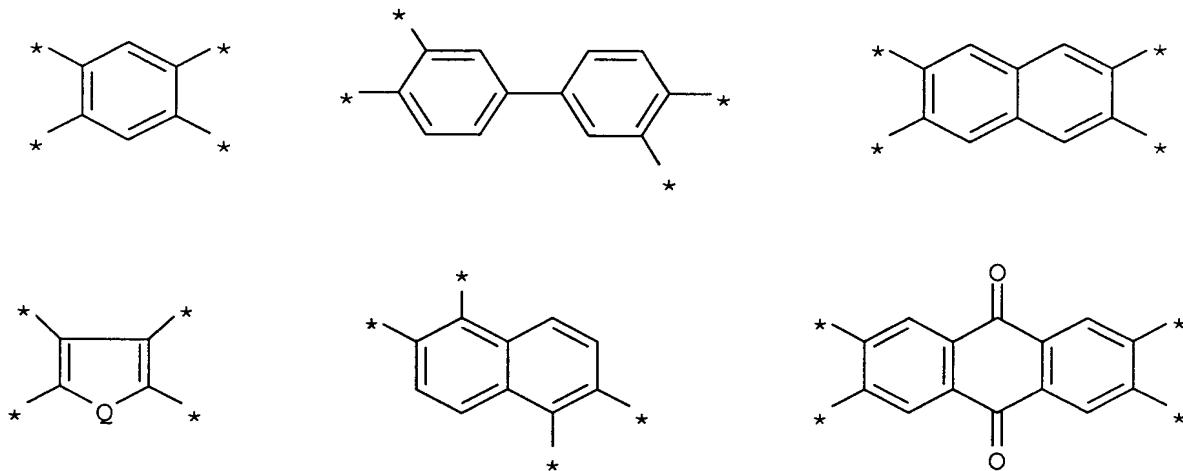


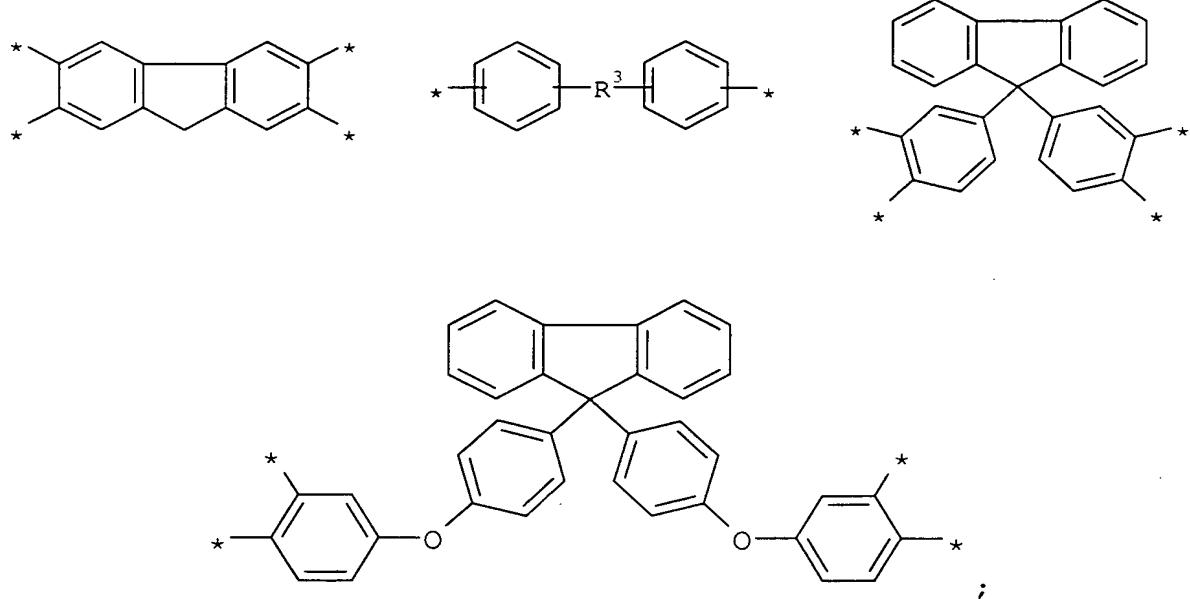
20





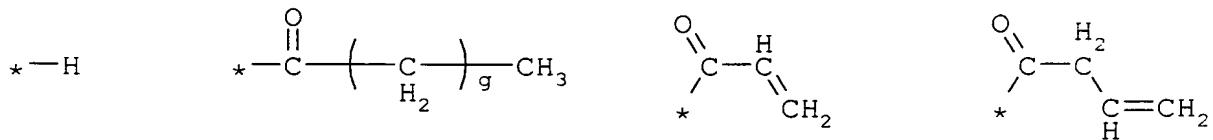
10 Z^1, Z^2, Z^3 , jeweils unabhängig:



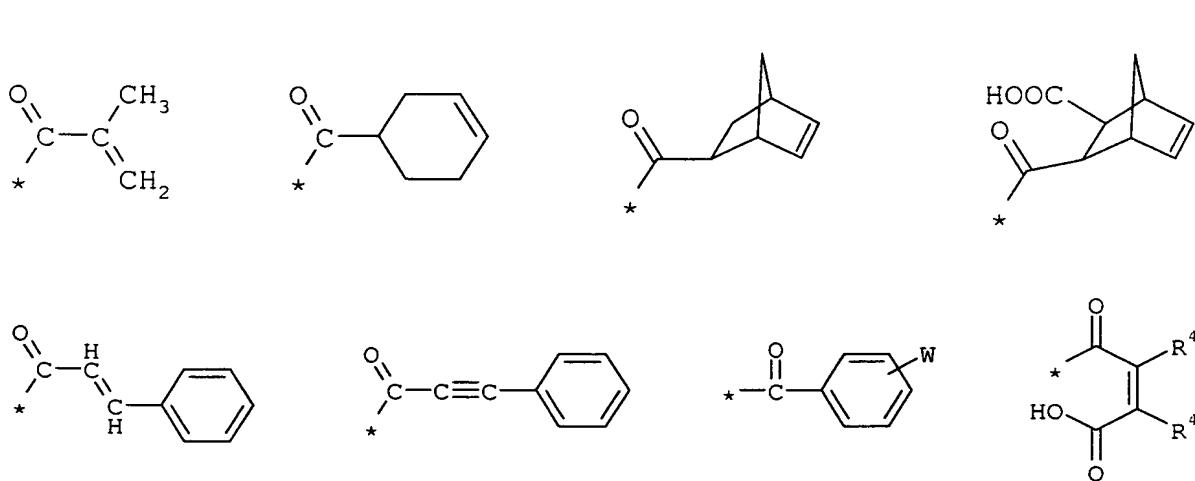


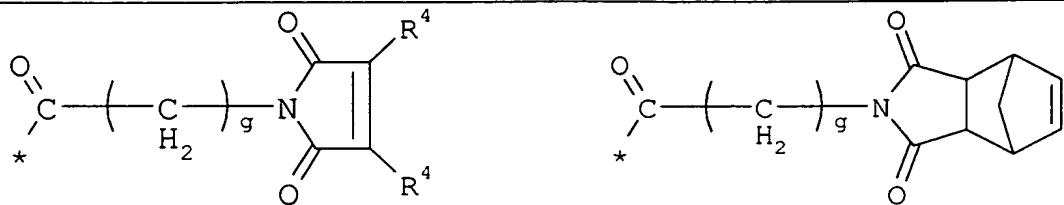
5

A: wenn a = 0 und/oder d = 1

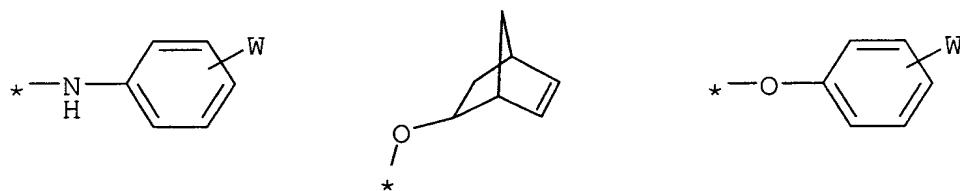
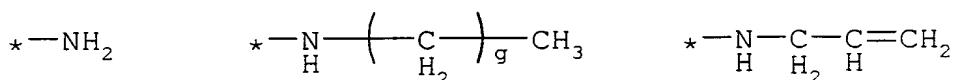
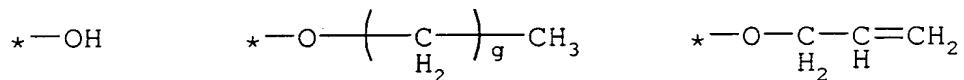


10



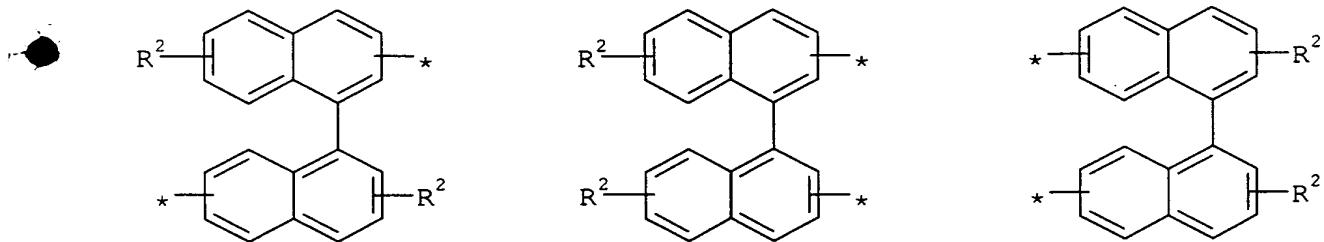


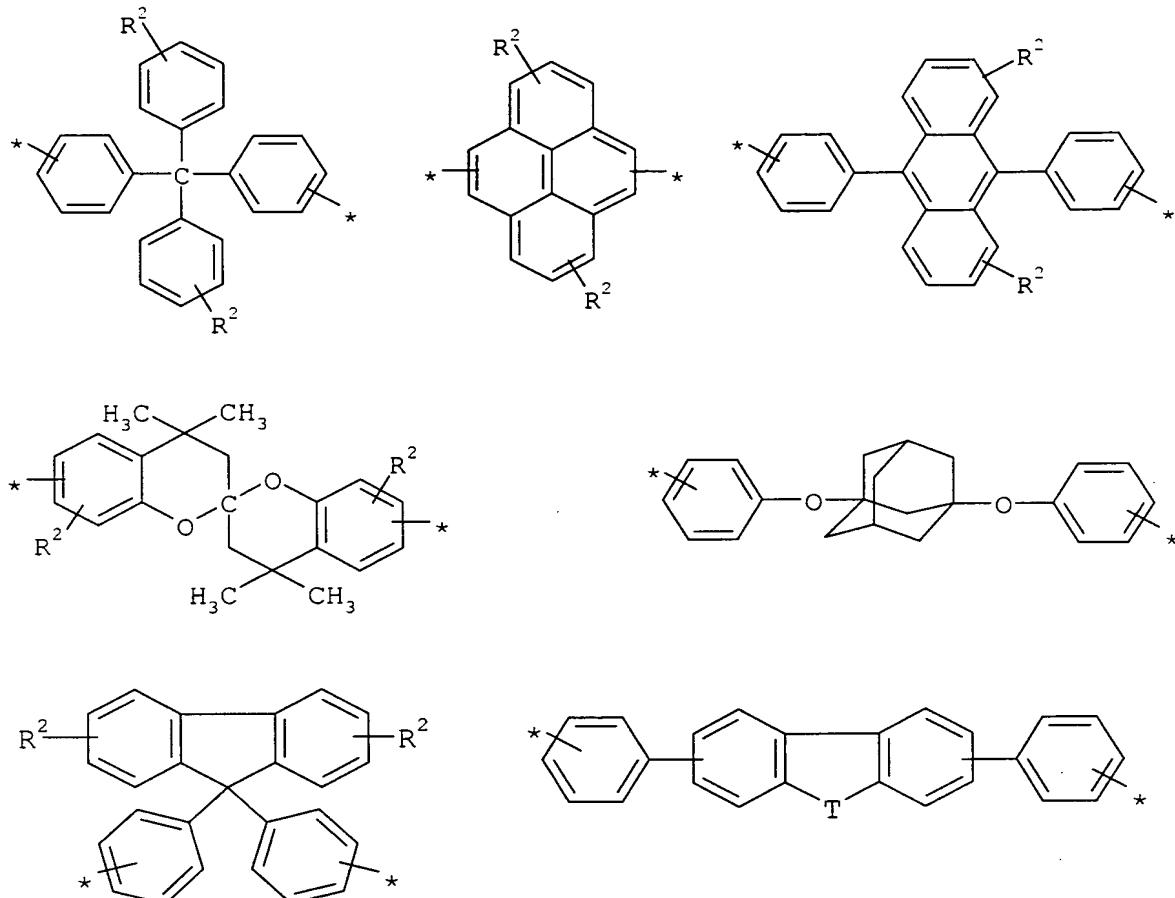
wenn $a = 1$ und/oder $d = 0$



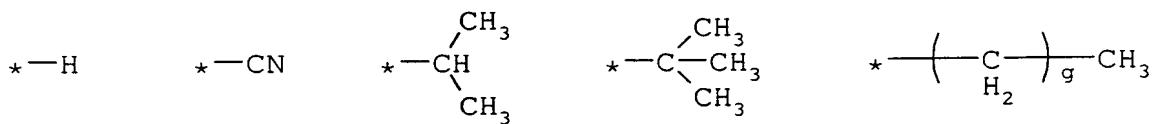
10

E :

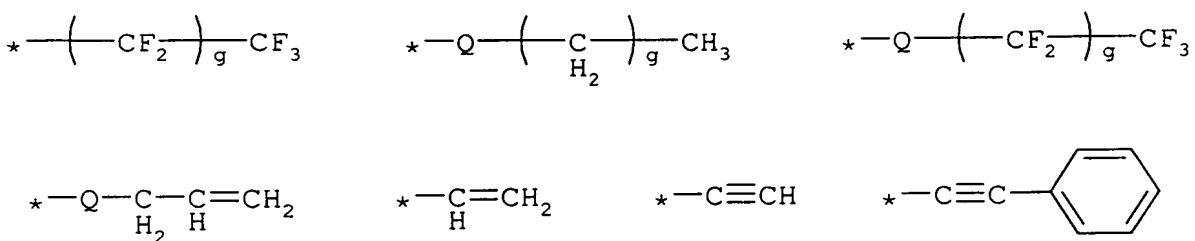


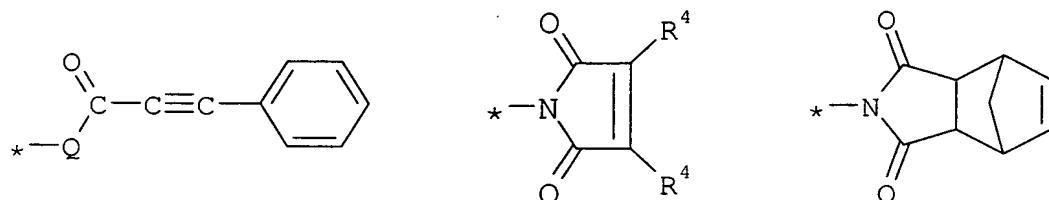
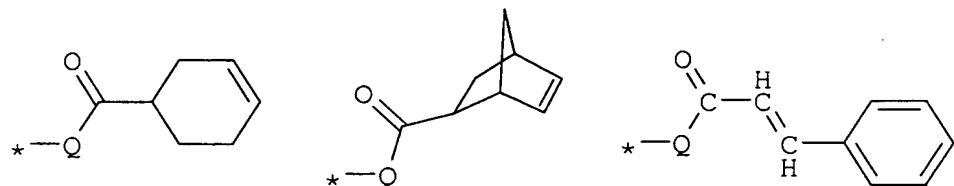
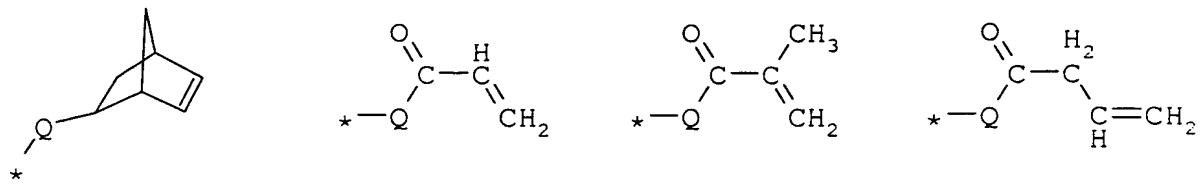


W:

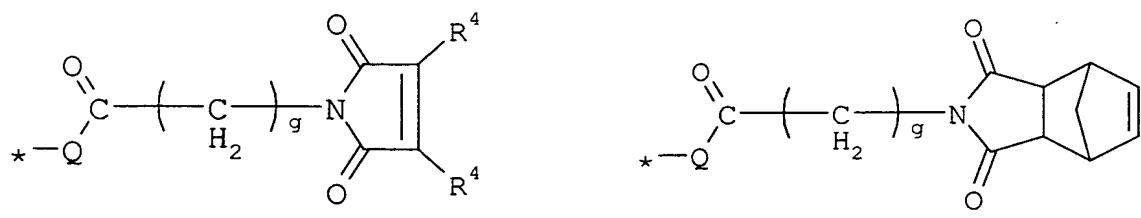


10

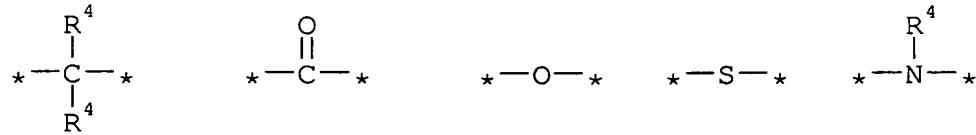




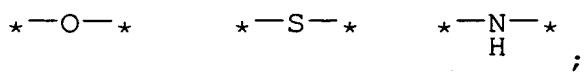
5



10 T:

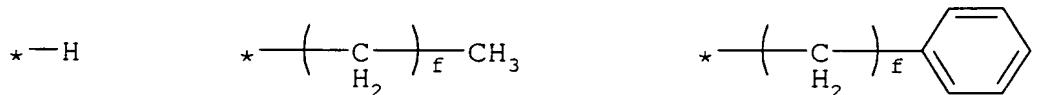


Q:



15

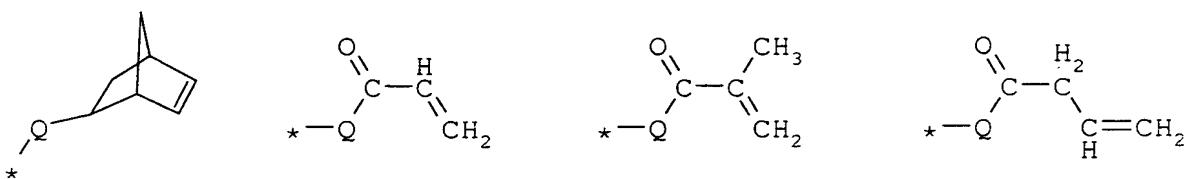
\mathbb{R}^1 :



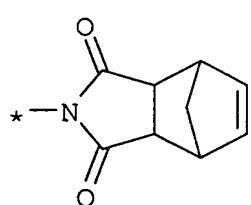
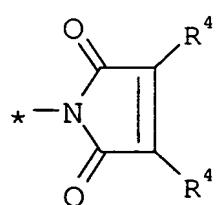
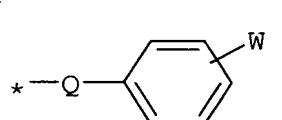
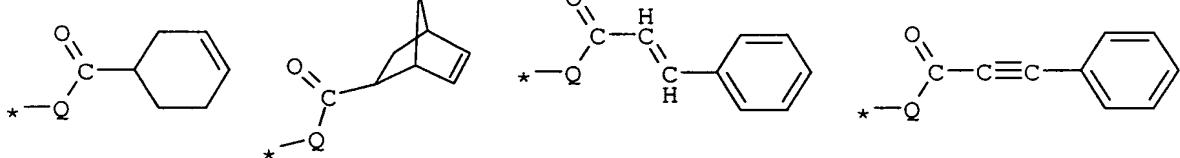
5

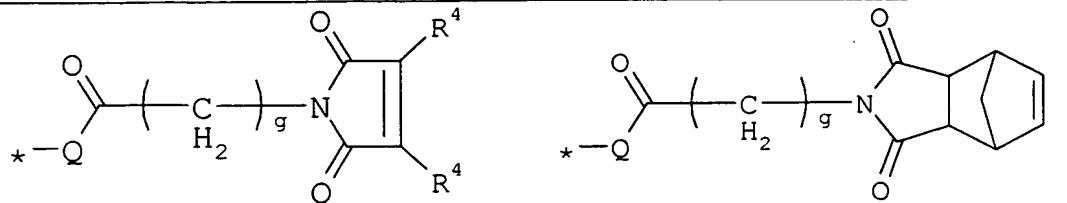
R²: -H, -CF₃, -OH, -SH, -COOH, -N(R⁵)₂, eine Alkylgruppe, eine Arylgruppe, eine Heteroarylgruppe, sowie

10

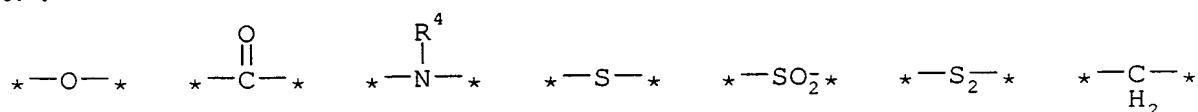


15

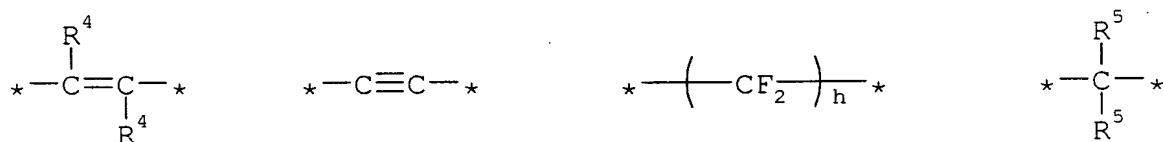




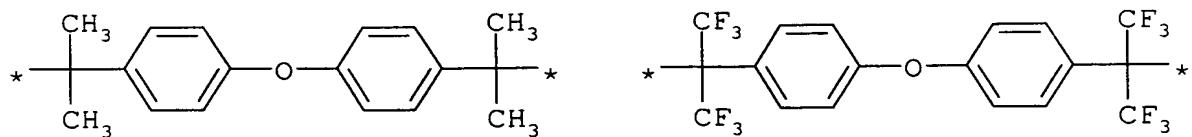
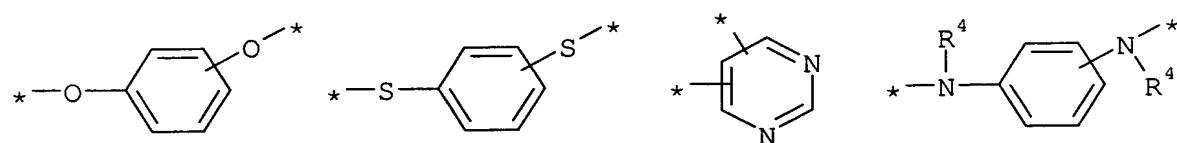
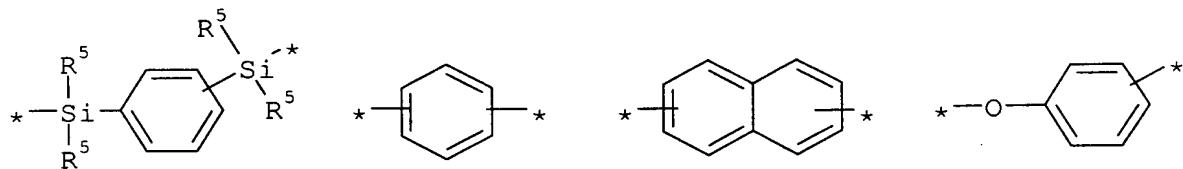
R³

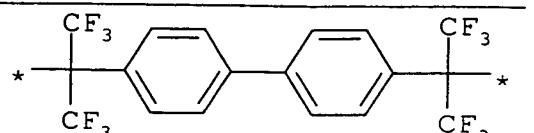
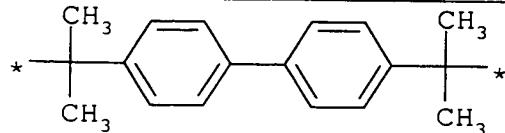


5



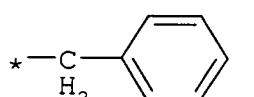
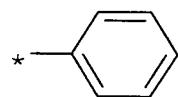
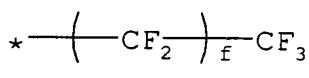
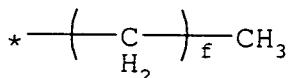
10





R⁴:

5



10 R⁵: einen Alkyl-, einen Aryl- oder einen Heteroarylrest;

- a: 0 oder 1;
b: 1 - 200;
15 c: 0 - 200;
d: 0 oder 1;
e: 0 - 10;
f: 0 - 10;
g: 0 - 10;
20 h: 1 - 10;
n: 0 oder 1;

wobei wenn R³ = -CH₂-, ist x = 0 - 10.

25 2. Poly-o-hydroxyamide nach Anspruch 1, wobei zumindest eine der folgenden Bedingungen gilt:

$$\begin{aligned} b &= 5 - 50; \\ c &= 0 - 50. \end{aligned}$$

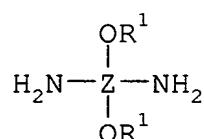
3. Poly-*o*-hydroxyamide nach Anspruch 1 oder 2, wobei gilt:
n = 1.

4. Poly-*o*-hydroxyamide nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei weitere Wiederholungseinheiten im Poly-*o*-hydroxyamid der Formel I vorgesehen sind, die thermisch labil sind und beim Erhitzen ein Gas freisetzen.

5. Poly-*o*-hydroxyamide nach Anspruch 4, wobei die thermisch labilen Wiederholungseinheiten als Block im Poly-*o*-hydroxyamid der Formel I angeordnet sind.

6. Polybenzoxazole, erhalten aus Poly-*o*-hydroxyamiden nach einem der Ansprüche 1 bis 5.

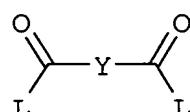
7. Verfahren zur Herstellung von Poly-*o*-hydroxyamiden der Formel I, wobei zumindest ein Monomer der Formel II



Formel II

wobei Z steht für Z^1 , Z^2 oder Z^3 , und Z^1 , Z^2 , Z^3 sowie R^1 die in Anspruch 1 angegebene Bedeutung aufweisen,

mit zumindest einer Dicarbonsäure oder einem aktivierten Dicarbonsäurederivat der Formel III umgesetzt wird,



Formel III

wobei 1 für eine Hydroxygruppe oder eine aktivierende Gruppe steht und Y für Y¹, Y² oder Y³ steht, und Y¹, Y², Y³ die in Anspruch 1 angegebene Bedeutung aufweisen.

- 5 8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Umsetzung in Gegenwart einer Base durchgeführt wird.
- 10 9. Verfahren zur Herstellung von Polybenzoxazolen nach Anspruch 6, wobei Poly-o-hydroxyamide der Formel I erhitzt werden.
- 15 10. Elektronisches Bauteil, umfassend ein Dielektrikum, welches ein Polybenzoxazol nach Anspruch 6 enthält.
- 20 11. Verfahren zur Herstellung eines elektronischen Bauteils nach Anspruch 10, wobei eine Lösung eines Poly-o-hydroxyamids der Formel I in einem Lösungsmittel hergestellt wird, die Lösung auf ein Substrat aufgebracht und das Lösungsmittel verdampft wird, so dass ein Film erhalten wird, der Film erhitzt wird, um das Poly-o-hydroxyamid der Formel I zum Polybenzoxazol nach Anspruch 6 zu cyclisieren und der Film strukturiert wird, um eine Resiststruktur zu erhalten, welche Gräben und Kontaktlöcher aufweist, auf der Resiststruktur ein leitendes Material abgeschieden wird, so dass die Gräben und Kontaktlöcher mit dem leitenden Material ausgefüllt sind, und überschüssiges leitendes Material entfernt wird.
- 25 12. Verfahren zur Herstellung eines elektronischen Bauteils nach Anspruch 10, wobei eine Lösung eines Poly-o-hydroxyamids der Formel I in einem Lösungsmittel hergestellt wird, die Lösung auf ein Substrat aufgebracht wird, welches auf seiner Oberfläche metallische Strukturen aufweist, zwischen denen Gräben und Kontaktlöcher angeordnet sind, das Lösungsmittel verdampft wird, so dass die Gräben und Kontaktlöcher mit dem Poly-o-hydroxyamid der Formel I ausgefüllt sind, und das Sub-

strat erhitzt wird, um das Poly-o-hydroxyamid der Formel I zum Polybenzoxazol nach Anspruch 6 zu cyclisieren.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 oder 12, wobei der
5 Lösung des Poly-o-hydroxyamids der Formel I ein Porogen zuge-
geben ist.

Zusammenfassung

Dielektrikum mit Sperrwirkung gegen Kupferdiffusion

- 5 Die Erfindung betrifft neue Poly-o-hydroxyamide, die sich zu Polybenzoxazole zyklisieren lassen, welche eine hohe Diffusionssperrwirkung gegenüber Metallen zeigen. Die Poly-o-hydroxyamide lassen sich durch übliche Techniken auf ein Halbleitersubstrat auftragen und durch Erwärmen einfach zum Polybenzoxazol umsetzen. Durch die hohe Sperrwirkung gegenüber einer Diffusion von Metallen kann auf eine Diffusionsbarriere zwischen Leiterbahn und Dielektrikum weitgehend verzichtet werden.
- 10

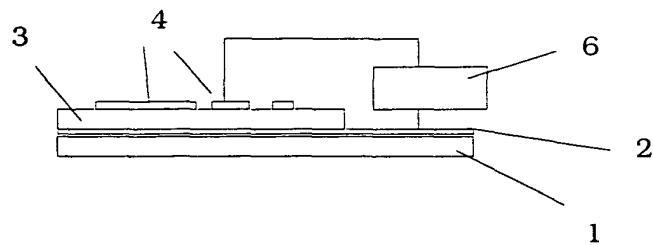


Fig. 1

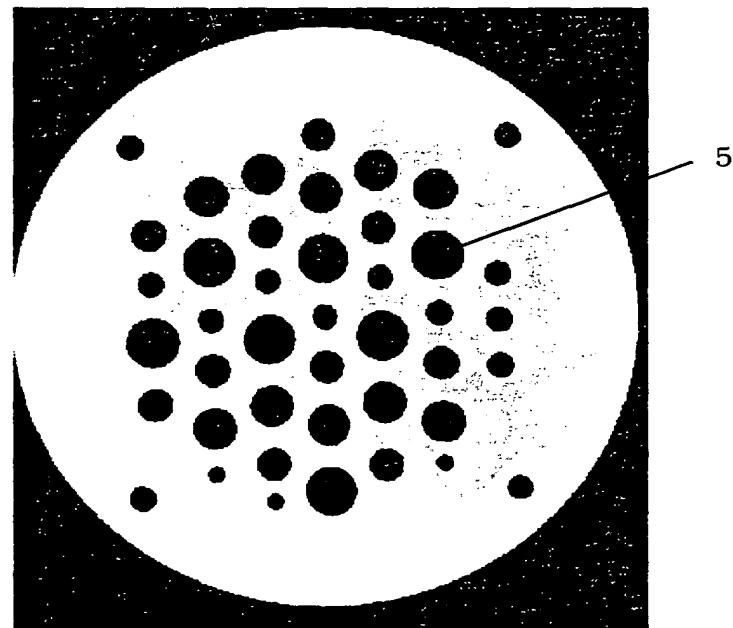


Fig. 2